

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Betony vyztužené vlákny pro podlahy s vysokým zatížením
Fiber-reinforced concrete for floors with high load

Student

Bc. Patrik Bednář

Vedoucí diplomové práce

Ing. Jiří Šafrata, Ph.D

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Patrik Bednář**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T021 Stavební hmoty a diagnostika staveb
Téma: **Betony vyztužené vlákny určené pro podlahy s vysokým zatížením**
Fiber-reinforced concrete for floors with high load
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište funkci průmyslových podlah. Uveďte, pro jaké účely se mohou využívat a jaká zatížení mohou přenášet.
2. Vysvětlete, jak se dosahuje požadované únosnosti a rovinnosti podlah. Dále jak se podlahy vyztužují a jak se zajišťuje jejich odolnost proti různým vlivům prostředí.
3. Vypracujte přehled komerčně dodávaných vláken používaných jako rozptýlená výztuž do betonu. Uveďte postupy pro jejich dávkování, míchání s čerstvým betonem, ukládání a kontrolu jakosti dodávaného drátkobetonu.
4. Navrhněte složení betonu C 40/50 s maximálním zrnem 16 mm vhodného pro kombinaci s drátky s cílem dosažení vysokých tahových pevností. Je možno použít i kombinace vláken. Směs bude ukládána čerpáním. Provedte zkoušky navržených složení v čerstvém stavu. Na ztvrdlém betonu stanovte pevnosti v tlaku, v tahu za ohybu, reziduální pevnost, hloubku průsaku tlakovou vodou a smršťení. Vytvořte pracovní diagramy. Zkušebními tělesy budou krychle a trámce 150 x 150 x 700mm.
5. Vyhodnoťte dosažené výsledky z technického i ekonomického pohledu. Zatříděte drátkobeton dle dostupných předpisů.

Seznam doporučené odborné literatury:

PYTLÍK, P.: Technologie betonu, 2. vyd. BRNO: VUTUM, 2000. 390 stran. ISBN 80-214-1647-52000
COLLEPARDI, M.: Moderní beton, Informační centrum ČKAIT / Betonové stavitelství, Praha, 342 stran, ISBN: 978-80-87093-75-7.
KRÁTKÝ, J., TRTÍK, K. VODIČKA, J.: Drátkobetonové konstrukce, 1. vyd. Praha, ČKAIT, 1999. 108 stran. ISBN 80-86364-00-3
SVOBODA, P., DOLEŽAL, J.: Průmyslové podlahy v objektech pozemních staveb, Bratislava, Jaga Group, 112 stran. ISBN 978-80-8076-054-0
ČSN EN 206 – Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (2014)

Firemní literatura dodavatelů stavební chemie

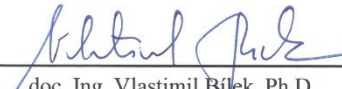
Internetové zdroje:
<http://www.betontkcs.cz/>
<http://www.concrete.org/>
<http://www.verlagbt.de/verlag/beton/index.php?navtext=Beton>

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Šafrata, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 30.11.2017


doc. Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

- byl jsem seznámen s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3)
- Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 29.11.2017

Prohlášení:

Prohlašuji, prohlašuji že jsem tuto diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Ostravě dne 29.11.2017

.....

podpis autora
Bc. Patrik Bednář

ABSTRAKT

Pro průmyslové podlahy je často využíváno betonu obohaceného o rozptýlenou výztuž, zejména o ocelová vlákna. Použitím dochází k navýšení fyzikálně-mechanických vlastností a tím i celkové užitelnosti konstrukce či prvku. Pro dosažení optimálních vlastností je však nutné správně optimalizovat výrobní recepturu, postup výroby, dopravy a zpracování čerstvého betonu a správným postupem tento beton ošetřovat po jeho vlastním uložení.

Cílem této diplomové práce byl popis problematiky technologie průmyslových podlah a rozbor vlastností a požadavků, jenž jsou na tyto konstrukce kladeny. Dále pak shrnutí informací týkajících se možností jejich vyztužování a problematiky používání rozptýlené výztuže.

KLÍČOVÁ SLOVA

průmyslové betonové podlahy, rozptýlená výztuž, ocelové drátky, drátkobeton, pevnost v tahu za ohybu, reziduální pevnost, pracovní diagramy

ABSTRACT

For industrial flooring is usually use fibre-reinforced concrete, especially with steel fibres. This improves the physical and mechanical properties and thus overall utility of the structure. In order to achieve optimal properties, however, it is necessary to optimize the recipe, the production process, the transport and the treatment of fresh concrete and the proper treatment after its own laying.

The aim of this diploma thesis was to describe the issue of industrial floor technology and to analyze the properties and requirements that are placed on these constructions. Further, a summary of the information on the possibilities of their reinforcement and the use of dispersed reinforcement.

KEYWORDS

industrial concrete floors, fibre reinforcement, steel fibers, fiber-reinforced concrete, tensile bending strength, residual strength

Bibliografická citace

BEDNÁŘ, Patrik. *Betony vyztužené vlákny pro podlahy s vysokým zatížením*. Ostrava, 2017. 113 s., Diplomová práce práce. Vysoká škola báňská, Fakulta stavební, Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb. Vedoucí práce Ing. Jiří Šafrata, Ph.D.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Jiří Šafrata, Ph.D., jako vedoucímu mé práce, za jeho odborné vedení mé činnosti, věcné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce a panu Ing. Tomášovi Adamusovi, Ing. Martinovi Šeděnkovi, Ing. Davidovi Janíčkovi za technickou pomoc při zpracování experimentální části této práce.

OBSAH

1	Úvod	12
2	Cíle	13
3	Teoretická část	14
3.1	Průmyslové podlahy	14
3.1.1	Funkce, požadavky a použití	15
3.1.2	Podloží	16
3.1.3	Konstrukční řešení	18
3.1.4	Zásady návrhu	20
3.1.5	Provádění	22
3.1.6	Vady a poruchy	26
3.2	Vlastnosti průmyslových podlah	29
3.2.1	Únosnost	29
3.2.2	Povrch a rovinost	30
3.2.3	Distribuce rozptýlené výztuže	34
3.2.4	Trvanlivost	35
3.3	Vyztužování podlah	38
3.3.1	Betonářská válcovaná výztuž	38
3.3.2	Rozptýlená výztuž	39
3.3.2.1	Azbestová vlákna	39
3.3.2.2	Uhlíková vlákna	40
3.3.2.3	Celulózová vlákna	40
3.3.2.4	Polypropylenová vlákna	41
3.3.2.5	Skleněná vlákna	43
3.3.2.6	Ocelové drátky	45
3.3.2.7	Sumarizace vlastností rozptýlených výztuží	47

3.4	Používání rozptýlené výztuže	47
3.4.1	Obsah a dávkování	48
3.4.2	Míchání	49
3.4.3	Doprava a ukládání	50
3.4.4	Kontrola	51
3	Experimentální část	53
4.1	Metodika řešení	53
4.2	Návrh složení	55
4.3	Použité materiály	58
4.4	Pracovní postup	61
4.5	Zkušební vzorky	62
4.6	Laboratorní zkoušky	62
4.7	Zkoušení čerstvého betonu	63
4.7.1	Konzistence	63
4.7.2	Obsah vzduchu	64
4.7.3	Objemová hmotnost	64
4.7.4	Teplota	65
4.7.5	Další používané zkoušky	65
4.8	Zkoušení ztvrdlého betonu	67
4.8.1	Objemová hmotnost	67
4.8.2	Pevnost v tlaku	67
4.8.3	Pevnost v tahu za ohybu	68
4.8.4	Pracovní diagramy a reziduální pevnost	68
4.8.5	Hloubka průsaku tlakovou vodou	68
4.8.6	Smrštění	68
4.8.7	Další používané zkoušky	69
4.9	Výsledky zkoušení čerstvého betonu	70

4.10	Výsledky zkoušení ztvrdlého betonu	72
4.11	Zařazení drátkobetonu	82
5	Diskuze výsledků	85
6	Závěr	90
	Použitá literatura	92
	Seznam tabulek	96
	Seznam obrázků	97
	Seznam grafů	98
	Přílohy	99

1 ÚVOD

Průmyslové betonové podlahy představují většinou velkorozměrové podlahové konstrukce v továrních, výrobních, skladovacích a jiných prostorách. Tyto konstrukce, vyskytující se ve vnitřním i vnějším prostředí, mohou být vystaveny různým agresivně působícím činitelům, jako jsou například chemické látky, zvýšené namáhání obrušem, působení mrazu a další. Tyto konstrukce jsou také většinou vystaveny značným statickým a dynamickým účinkům zatížení. Toto zatížení je vyvozováno zejména výrobním zařízením, provozní dopravou, skladováním materiálů a dalšími nahodilými impakty. Proto jsou na tyto konstrukce kladeny zvýšené nároky na fyzikálně-mechanické vlastnosti. Vlastnosti, díky kterým tyto konstrukce splňují potřebné požadavky, je nutné zajistit použitím vhodného betonu.

Tuto skutečnost je tedy potřebné zohlednit již při samotném návrhu složení. Výhodou se ukázalo použití rozptýlené výztuže různých tvarů a materiálů. Různé druhy rozptýlené výztuže pak ovlivňují specifické vlastnosti výsledného kompozitu. Například použitím ocelových drátků dochází zejména ke zvýšení ohybových pevností a zajištění jistých reziduálních pevností, které zajišťují přenos určitého zatížení i po vzniku trhliny. Polypropylenové vlákna zase ovlivňují vznik trhlin v počáteční fázi tuhnutí a tvrdnutí betonu. Nevýhodou využití technologie těchto různých kompozitů je však nejednotný postup jejich značení, zkoušení a hodnocení. I přes tento problém jsou však hojně využívány zejména betonové podlahy vyztužené ocelovými drátky, pro které již bylo vypracováno několik normativních dokumentů a byla provedena řada výzkumů.

Samostatnou kapitolou je pak kvalitní zpracování a provedení projektu, jenž zajišťuje použitelnost a celkovou životnost dané podlahové konstrukce. S tímto souvisí zejména výsledná místní a celková rovinnost povrchu a přítomnost vad a poruch, jenž v extrémních případech mohou omezit, či znesnadnit využívání konstrukce. Pro dosažení požadovaných výsledků při zpracování je však v současnosti hojně využíváno důmyslných průmyslových zařízení, zajišťujících dostatečnou rovinnost a kompaktnost povrchu. Při použití vhodného konstrukčního materiálu a správného způsobu zpracování lze docílit vytvoření kvalitního podlahového systému s dlouhou trvanlivostí.

2 CÍL

Hlavním cílem této diplomové práce je popsat oblast využívání průmyslových betonových podlah, jejich fungování a způsob zpracování. Specifické vlastnosti a možné vyskytující se problémy, spojené s technologií betonových podlah jsou zde také rozebrány. Dále jsou uvedeny možné způsoby vyztužování betonových podlah, zejména s ohledem na rozptýlenou výztuž. Podrobně je popsáno použití rozptýlené výztuže, sumarizace vlastností běžně používané rozptýlené výztuže a technologická problematika s ní spojená.

Součástí diplomové práce je také experimentální část, jenž byla zaměřena na návrh receptury splňující specifické požadavky, provádění zkoušek na čerstvém i ztvrdlém drátkobetonu a nalezení optimálního poměru dávkování rozptýlené výztuže, vzhledem k budoucímu působení tahových napětí. Důraz byl kladen zejména na zpracovatelnost a schopnost čerpatelnosti čerstvého betonu, se současným zachováním nízkého vodního součinitele. Na ztvrdlý beton byl nasládně kladen požadavek na zvýšenou pevnost v tahu za ohybu, reziduální pevnost, celkovou odolnost a další fyzikálně-mechanické vlastnosti. Závěrem budou dosažené údaje vyhodnoceny a získané informace diskutovány z pohledu technického i ekonomického.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 PRŮMYSLOVÉ PODLAHY

Za průmyslové podlahy jsou považována taková betonová podlahová stavební díla, které dosahují relativně malé konstrukční výšky, musí odolávat poměrně značným vlivům zatížení a vyskytují se nejčastěji v technologických výrobních halách, skladovacích prostorech, nákupních střediscích ale i dalších velkorozměrových průmyslových, či sociálních prostor. Problematika návrhu těchto betonových konstrukcí je často podceňována a zanedbávána, což mívá za následek tvorbu vad a poruch, v důsledku čehož tyto konstrukce ztrácí své vlastnosti a omezují jeho funkci [1][2]. Betonové podlahy mohou být tvořeny:

- běžným betonem - beton neobsahuje tyčovou ani rozptýlenou výztuž
- betonem vyztuženým klasickou výztuží - tyčová výztuž, kari sítě
- v některých případech betonem předeprnutým - pro extrémní zatížení
- v poslední době nejčastěji betonem s rozptýlenou výztuží ve formě ocelových drátků, ale také ostatních rozptýlených vláken

Tyto podlahové systémy jsou obvykle podrobeny vysokým nárokům na fyzikálně-mechanické vlastnosti z důvodu vysokého stupně zatížení a působení jiných degradačních činitelů. Velké zatížení je nejčastěji představováno formou velmi těžkých technologických a výrobních zařízení, skladovacích a další technologií či manipulačním a dopravním pohybem. Průmyslové podlahy jsou také charakterizovány jako podlahové konstrukce, které musí odolovat zvláštním negativním degradačním účinkům, mezi které se řadí například zvýšená míra obrusu, chemická agresivita prostředí a další [1][2][5].

Problematika a složitost návrhu průmyslových podlah je úzce spojena s podložím dané konstrukce a je nutné k příslušným základovým poměrům přihlídnout již při návrhu a dimenzování dané konstrukce. Často se také setkáváme s případem přeceňování vlastností a finálních účinků rozptýlené výztuže, což se ve výsledku projeví vznikem poruch a vad, které by bylo při kvalitní informovanosti projektantů a správném návrhu možno eliminovat. Častým problémem je také návrh a provedení dilatačních a smršťovacích spár. Při jejich nekvalitním návrhu, který nejčastěji spočívá v nízkém počtu těchto spár a jejich nevhodném rozmístění, dochází ke vzniku nežádoucích trhlin. Tyto trhliny následně snižují celkovou životnost průmyslových podlah, omezuje jejich funkci a použitelnost a sanace takto poškozené konstrukce je velmi náročná a jak technologicky tak finančně [2][9].

3.1.1 FUNKCE, POŽADAVKY A POUŽITÍ

Průmyslové podlahy jsou velkorozměrové plošné konstrukce, které jsou složeny ze systému jednotlivých vrstev uložených na podkladové vrstvě a používají se především pro dosažení požadovaných fyzikálně-mechanických, technických ale i estetických vlastností dle příslušného výrobní či provozní technologie. Dle ČSN 74 4505 Podlahy - Společná ustanovení je průmyslová podlaha definována jako podlahová konstrukce, jenž je zatížena rovnoměrným stálým zatížením větším než 5000 N/m^2 . Co se týče zatížení nestálého, například ve formě manipulační a jiné techniky, uvádí tato norma hodnotu jejich hmotnosti větší než 2000 kg. Tato norma také řadí mezi průmyslové podlahy takové podlahové systémy, které jsou vystaveny i dalším extrémním případům zatížení, mezi které je řazeno například zvišená míra obrusu, působení chemicky agresivního prostředí, působení značného teplotního namáhání, či zvýšená míra kontaktního napětí ve formě brzdění a rozjezdů nadrozměrné dopravní a manipulační techniky. Ostatní podlahy se řadí do skupin podlah v bytových a občanských zástavbách [5].

Základní funkcí těchto podlahových systému je bezpečné a spolehlivé přenesení všech stálých, proměnných a dalších zatížení do základových konstrukcí bez vzniku nežádoucích stavů, jako může být například vznik trhlin, protlačování lokálních oblastí, nadměrná míra obrusu a jiné degradace částí betonových desek. Jelikož průmyslové podlahy často fungují jako dopravní komunikace zejména pro manipulační techniku jsou jakékoliv vady způsobující zhoršení jízdních vlastností nepřijatelné, přesto běžné. Pro zamezení těchto negativních projevů nesprávného návrhu průmyslových podlah je třeba dodržovat příslušné konstrukční zásady, technologický a pracovní postup, pracovní kázeň a respektovat obšírnou problematiku provádění těchto betonových konstrukcí.

Základní požadavky na průmyslové podlahové systémy jsou závislé zejména na druhu a intenzitě jejich zatěžování, způsobu jejich vytváření a vlastní skladbou systému. Mezi nejvýznamnější požadavky na tyto konstrukce se zcela jistě řadí jejich celková únosnost a celková rovinnost a jejich schopnost izolovat vnitřní prostor proti difuzi řízenému pronikání zemní vlhkosti, spodní vodě a radonu. Důležitým faktorem je často také nízká tepelná vodivost jednotlivých konstrukčních vrstev systému. Tento atribut je spojován s mírou rychlosti šíření tepla skrze konstrukci. Mezi další požadavky, které jsou na podlahové systémy často kladeny řadíme také místní rovinnost, schopnost vzdorovat opotřebení a nárazům, chemickou odolnost, bezpečnost při užívání nebo protiskluzový povrch. Tyto konstrukce by měly také zajišťovat nepronikání zvuku a vibrací například do jiných pater. Mezi specifické požadavky, jenž mohou být na podlahové systémy kladeny se řadí například zamezení pronikání určitého typu záření,

odolnost proti ropným produktům, bezprašnost či stálobarevnost. V případě venkovních betonových ploch může být také zaveden požadavek na odolnost proti mrazu [1].

3.1.2 PODLOŽÍ

Znalost podloží stavby je velice důležitým parametrem úspěšného návrhu, provedení a dlouhodobého nezávadného využívání této konstrukce. Rozsah geotechnického a hydrogeologického průzkumu v oblasti základů je závislý na významu a rozloze konstrukce, dostupných informacích z předešlých průzkumů, dohodě s investorem a dalších faktorech.

Podložím betonové podlahy se rozumí dostatečně zhutněná a stabilizovaná zemina pod vlastní konstrukcí podlahového systému, která se nachází v takové hloubce, že jsou na ni vyvozovány silové účinky od namáhání touto konstrukcí [9]. Zemina nacházející se v průběhu celé této hloubky je v interakci s vlastní betonovou podlahou a může vyvozovat její přetvoření. Tato hloubka je často spojována s pojmem deformační zóna zeminy a její velikost je závislá na zatížení, jenž je vyvozováno konstrukcí horní stavby a jejím využíváním, hladinou podzemní vody, rozměry konstrukce, původním geostatickým napětí zeminy, její objemové tíze a strukturní pevnosti, která definuje sedání zeminy po přetížení podlahovou konstrukcí a dalších faktorech.

Při určování vzájemného spolupůsobení konstrukce podlahy a jejího podloží je možno využít několika základních modelů výpočtu. Základní formou výpočtu je využití takzvaného Winklerova idealizovaného modelu, jež se s vhodností využívá v běžných případech. Při potřebě zkoumání složitějších situací se poté využívá víceparametrického modelu lineárně pružného poloprostoru. Skutečné chování reálných zemín se však nachází někde mezi těmito variantami. Značně rozšířenější metodou je však využívání zjednodušeného a praktického Winklerova modelu, pomocí kterého jsou získávány hodnoty, jenž jsou výrazněji zatíženy bezpečnostní rezervou.

Winklerův model

Tento výpočtový model vychází z úvahy, že smykové účinky vznikající od zatížení nejsou přenášeny do okolních nezatížených oblastí. To znamená, že metoda je bezpečnější zejména při zatěžování hran a rohů vzájemně nespojených desek, kdy dle tohoto modelu dochází k deformaci pouze zatěžovaná deska, zatímco nezatížená deska zůstává v původním stavu. Dalším znakem tohoto modelu je předpoklad, že vznikající deformace podloží, v kterémkoliv bodu v základové spáře, je přímo úměrná působícímu napětí, jenž je vyvozováno

horní stavbou, přičemž se nebere v úvahu působení napětí v jakýchkoliv jiných částech. Zjednodušení tohoto modelu také spočívá v zanedbání závislosti vznikajícího sedání na vlastnostech zeminy a rozměrech základové konstrukce [2][9]. Pro posuzování betonových podlahových systému není však tato metoda příliš vhodná v původní variantě, lze ji však vhodně použít v některé ze softwarových modifikací.

Lineárně pružný poloprostor

Hlavním znakem tohoto modelu je skutečnost, že při stanovení interakčního vztahu sedání podloží a napětím, které je vyvozované horní stavbou, je uvažováno rozdílných vlastností a chování jednotlivých, lišících se vrstev podloží. Na výsledné sedání má vliv celá řada vlastností charakterizující jednotlivé vrstvy zemín, mezi které se řadí například jejich třída dle ČSN 73 1001, konzistence, objemová tíha, úhel vnitřního tření, poissonovo číslo a další. Sedání podloží je dále také závislé na intenzitě a frekvenci vyskytujícího se zatížení a ploše, na které dané zatížení působí [2][10]. Dalším znakem modelu lineárně pružného poloprostoru je zavedení smykového působení vznikajícího zatížením horní stavbou a jeho redistribuce mezi sousedící, navzájem nespojené desky, což je reprezentováno spojitou křivkou sedání [10].

Ověřování a modifikace podloží

Pro zjištění potřebných vlastností zeminy v podloží a rozhodnutí o její vhodnosti, je nutné získat několik dílčích informací pomocí vhodných inženýrsko-geologických zkušebních postupů. Nejčastěji je prováděna zatěžovací zkouška kruhovou deskou, při které je cyklicky stanovován modul přetvárnosti zeminy po hydraulickém zatěžování, pomocí kterého se usuzuje na míru zhutnění podloží. Tato metoda je vypovídající v případě, že se jedná o betonové podlahové konstrukce, které jsou zatíženy převážně dopravní technikou a nikoli výrazným stálým maloplošným zatížením, vznikajícím například tíhou mnohopatrových regálů. Při porovnání těchto dvou typů vznikajících napětí v podloží stavby, docházíme k značným rozdílům v hloubce deformační zóny zeminy. Proto je nutné pro stanovení potřebného modulu přetvárnosti zeminy v průběhu celé této hloubky deformační zóny využít modifikaci této metody, při které je zaměňována kruhová deska za jiné, s rozdílnými průměry. Další často používanou zkušební metodou je dynamické penetrační sondování. Při této zkoušce dochází k zarážení, případně vtlačování, jedné nebo více kuželovitých penetračních hlavíc do zeminy pomocí hydraulicky poháněného zatloukacího beranidla. Počet potřebných nárazů pro zaboření hlavíc do určité hloubky poté vypovídá o měrném dynamickém odporu zeminy v dané vrstvě a umožňuje tak získat informace o skladbě zeminového souvrství [2][9][13].

Na podloží průmyslových betonových podlahových konstrukcí je kladena celá řada požadavků, které musí být splněny v celém průběhu deformační zóny, a které musí být splňovány po celou dobu životnosti podlahové konstrukce. Mezi požadavky, které jsou na podloží nejčastěji kladeny se řadí především maximální možná homogenita, stabilita, dostatečná míra zhutnění, minimálně modul pružnosti a další [9]. V případě zjištění nevyhovujících vlastností zeminy v podloží budoucí horní stavby lze postupovat několika možnými postupy. Nejprve je nutné provést vyčíslení finanční náročnosti modifikace tohoto podloží a zvážit možnost celkového přesunutí stavby do míst s vhodnějšími geologickými poměry. Nejsou-li však potřebná opatření příliš ekonomicky náročná, nebo nelze-li stavbu přemístit z jiných důvodů, je několik možností jak nevhodné podloží upravit. Nejjednodušším postupem může být pouhé důsledné zhutnění příslušnými stroji. V případě, že předchozí možnost není proveditelná, je rozšířeným postupem náhrada vlastního podloží. Proces spočívá v odtěžení nevhodné zeminy, její náhradou vhodnými štěrkopísky s následným řádným zhutněním. Tímto postupem bývají zpravidla zajištěny veškeré požadavky na podloží jako takové. Ve velice nevhodných základových poměrech je možné aplikovat technologii vyztužování podloží pomocí injektování, pilot, nebo využití různých svislých nosných konstrukcí. Dalšími způsoby jak zlepšit vlastnosti podloží je například vápenná, nebo cementová stabilizace.

3.1.3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Každá průmyslová podlaha je složena z dílčích vrstev, které svým charakterem a provedením determinují finální vlastnosti podlahové konstrukce.

- Nejnižší stupeň tvořící tuto soustavu je podkladní vrstva. Tato vrstva je představována vlastním podložím konstrukce a jeho specifika a vlastnosti jsou uvedeny výše v kapitole *3.1.2 Podloží*.
- Na toto podloží je uložena specifická vrstva betonu představující izolaci a ochranu proti působení negativních vlivů. Mezi nejzávažnější vlivy, jež negativně ovlivňují danou stavbu, řadíme zemní vlhkost a vyskytující se spodní vody, působení vibrací, dynamických rázů, úniky tepla a pronikání radonu. Pro zajištění požadovaných vlastností je nutné zvolit správný způsob řešení této vrstvy. Jako řešení je využíváno například mezerovitý beton, beton pórovitý, keramzitový, z popélkového agloporitu, polystyrenový a další.

- V případě velkoplošných betonových podlahových konstrukcí je vhodné jako další umístit kluznou mezivrstvu. V případě absence této vrstvy může docházet při počáteční fázi hydratace cementu a celkového tvrdnutí betonu ke vzniku pnutí, jenž může vést ke vzniku trhlin a dalších vad. Velikost tohoto napětí, jenž vzniká v důsledku tření položené desky a podloží, závisí především na velikosti statického koeficientu tření. Tento koeficient je různý pro jednotlivé materiály, jenž jsou pro provedení kluzné vrstvy použity. Snahou je maximální možné snížení tohoto koeficientu pod hodnotu 1,0 a jeho hodnota přímo souvisí s maximální možnou vzdáleností kontrakčních spár. Pro kluznou mezivrstvu je dosahováno nejlepších výsledků při použití PVC fólií, speciálních postřiků a olejů [1].
- Následující vrstvou je konstrukční, nosná vrstva betonu. Tato vrstva je zodpovědná za přenos všech působících napětí vznikajících v důsledku vlastní tíhy konstrukce, provozu dopravy, skladování materiálu a dalších zatížení. Návrhu a zpracování této vrstvy je nutné věnovat řádnou pozornost, jelikož její vlastnosti mají vliv na celkovou užitnost a trvanlivost podlahové konstrukce. Tato vrstva je nejčastěji prováděna ve variantách cementobetonové desky prosté, s rozptýlenou výztuží, s vloženými ocelovými rohožemi, nebo dvojité vyztužená. Jejich zpracování a dokončování lze poté provádět finišovacími stroji, vibračními latěmi a trámy, plovoucími vibračními deskami, vrtulovými hladíčkami, speciálními strojními mechanismy pro zhotovování podlah a dalších.
- Poslední složkou podlahového systému je nášlapná vrstva. Tato vrstva je v interakci s provozem zařízení a je tak vystavena značnému statickému i dynamickému zatížení a řadě dalších negativních vlivů. Na tuto vrstvu jsou kladeny požadavky zejména na pevnost v tlaku, odolnost proti obrusu a působení agresivních vlivů a odtrhovou pevnost povrchu. Tato vrstva je zhotovována v různých provedeních a tyto varianty různě ovlivňují charakter a finální vlastnosti povrchu podlahy. Tuto část je možné zpracovat ve formě prostě hlazeného betonu, betonu s povrchem opatřeným minerálním vsypem, tenkovrstvé překrytí speciální maltovinou, dlaždic, živců a dalších [1].

3.1.4 ZÁSADY NÁVRHU

Problematika navrhování betonových podlahových konstrukcí je poměrně složitou a komplexní činností, kterou je nutné zajistit správné fungování, spolehlivost a životnost dané konstrukce. Touto problematikou se zabývá norma ČSN 74450 [5]. Nejzásadnější faktorem při navrhování a dimenzování těchto konstrukcí je způsob vyztužení betonu, statické působení a rozložení zatížení, dynamické zatížení způsobované manipulační technikou a dopravou a vlastnosti podkladních vrstev. Mezi další specifické požadavky se pak řadí například omezení smršťování a dotvarování konstrukce, chování v žáru, či její chemická odolnost a další.

Zatížení podlahové konstrukce je nutné řádně přezkoumat a zohlednit veškeré druhy jeho možného působení. Mezi základní zatížení je řazena vlastní tíha a další statická zatížení. Zde je nutné uvážit vliv nejen vlastní tíhy konstrukce ale také zatížení vznikající například od těžkých nepohyblivých se strojů a výrobních linek. Mezi nejvýznamnější zatížení se poté řadí zatížení dopravou. Zde je nutné zahrnout druh dopravních prostředků, jejich hmotnost, rozměry, konstrukci, možné vytížení a intenzitu provozu. Postupem stanovení účinků působením dopravy se podrobně zabývá norma ČSN EN 1991-1-1. Jako další je nutné zohlednit působení teplotního zatížení. Teplotní gradient v průběhu konstrukce podlahy vyvolává jisté nežádoucí přetvoření jednotlivých vrstev. V případě, že jsou tyto přetvoření omezeny, vzniká v konstrukci značné napětí, se kterým je nutno při návrhu počítat. Návrh konstrukce musí být proveden tak, aby nedošlo vlivem tohoto napětí k překročení návrhových mezních stavů. Tomu je nejčastěji zabráněno vytvářením dilatačních spár, či zahrnutí těchto účinků již do samotného návrhu. Účinky toho zatížení jsou uvedeny v normě ČSN EN 1991-1-5 [2].

Mezi zatížení, se kterým je nutné při návrhu konstrukce také počítat, se řadí zatížení vznikající smršťováním a dotvarováním betonu. V případě že je tomuto přetvoření bráněno, vznikají, jako v předchozím případě, jistá napětí. Vlivem pevného spojení podkladní vrstvy a podlahové desky vznikají v této desce převážně horizontální tahová napětí. V důsledku toho dochází k poměrnému přetvoření podlahové desky, které je dle ČSN EN 1992-2 složeno ze dvou dílčích částí, a to z poměrného smrštění vysycháním a z poměrného autogenního smrštění betonu [2]. Podrobně je tato problematika a postup výpočtu uveden například v knize Betonové průmyslové podlahy autorů Hely a kolektivu z roku 2006. Pokud se v objektu nacházejí také nosné zdi a stěny, které významnou mírou přispívají k zatížení podlahové konstrukce, je nutné zahrnout do návrhu také tyto přímkové svislé zatížení. Nejčastějším způsobem, jak vliv tohoto přímkové zatížení eliminovat, je zesílení mocnosti desky pod touto konstrukcí. Míra zesílení desky v tomto místě je přímo úměrná k šířce stěny [2]. Na výše uvedených faktorech

poté závisí možná užitná zatížení skladovacích a provozních ploch. Kategorie užitných zatížení a jejich možné příslušné hodnoty zatížení jsou stanoveny normou ČSN EN 1991-1-1 [12]. Užitné zatížení podlahových a skladovacích ploch je dále závislé na výšce a způsobu ukládání materiálu, výšce skladovacích regálů, jejich maximální nosností a uspořádáním ve skladovacím prostoru. Podrobně se touto problematikou zabývá také kniha Betonové průmyslové podlahy autorů Hely a kolektivu z roku 2006 [2].

V současné době je k dimenzování betonových podlah využíváno v podstatě dvou strategií. Jedná se o dimenzování pomocí stupně bezpečnosti SF nebo pomocí dílčích součinitelů spolehlivosti γ . Jednotlivé postupy a jejich rozdíly jsou podrobně uvedeny například v díle Průmyslové betonové podlahy autora Petra Žalského z roku 2003 [9]. Podstatný však je způsob porušení drátkobetonové podlahy, který umožňuje, díky vzájemnému působení drátků a cementové matrice, redistribuci působícího zatížení. Po vzniku trhliny lze aplikovat plastický způsob výpočtu a využít tak speciální vlastnosti drátkobetonu, tedy jeho houževnatost. K tomuto je nejčastěji využit výpočet dle teorie lomových čar. Teorie lomových čar vychází z předpokladu, že po vzniku trhliny je v tomto místě vytvořen plastický kloub, díky kterému dochází k přerozdělení ohybových momentů a výsledné maximální zatížení, které je daná konstrukce schopná přenést, je výrazně vyšší než při uvažování pružného modelu chování [9]. Podrobný postup výpočtu včetně zohlednění druhu použitého betonu je uveden například v díle Průmyslové betonové podlahy autora Petra Žalského z roku 2003 [9].

Vlastní dimenzování pak spočívá v návrhu jednotlivých vrstev konstrukce. V první řadě je nutné zohlednit parametry podloží. Pokud stávající vlastnosti podloží nevyhovují požadavkům je nutné toto podloží upravit vhodnou metodou. Po zhodnocení vlastností podloží a jeho případnou úpravou následuje návrh ochranné a podkladní vrstvy. Účelem podkladní a ochranné vrstvy je zamezení pronikání podloží zeminy a dalších negativních činitelů do podlahové konstrukce, zajištění únosnosti podlahy, vytvoření vhodného povrchu pro další vrstvy a umožnění pohybu osob a pracovní techniky. Ochranné vrstvy mohou být například nestmelené, například šterkodrt', šterkopísek nebo jiné mechanicky zpevněné vrstvy. Další možností je použití stmelených ochranných vrstev. V tomto případě je využito asfaltové směsi a různých partikulárních materiálů, jenž jsou pojeny cementem, či jinou pojivovou složkou [1]. Podrobně se problematikou zabývá literatura Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb autorů Svobody a Doležela z roku 2007 [1]. Dalším krokem je navržení vlastního krytu podlahy. Ten může být proveden ve formě cementobetonového krytu nebo speciálních dlažeb. Tato vrstva je nejvíce vystavena účinkům všech druhů zatížení, proto je vhodné volit kryt v závislosti na požadavcích a budoucím provozu a využívání zařízení. Při

volbě libovolného druhu krytu však musí být vždy zajištěna určitá protiskluzová schopnost krytu, jeho rovinnost, odpor proti vzniku trvalých deformací a trhlin, nízká hlučnost, trvanlivost a celková životnost [1]. V případě cementobetonového krytu se tento navrhuje z pevnostních tříd betonu C 25/30 až C 45/50 dle ČSN EN 206, v náročných případech i vyšší [38]. Kryty z dlažeb jsou využívána převážně v méně namáhaných provozech a je nutné je vždy ukládat na nosnou betonovou desku. Po návrhu jednotlivých vrstev konstrukce následuje volba tloušťek jednotlivých vrstev. Po stanovení mocností jednotlivých vrstev jsou stanoveny jejich vlastnosti, vytvořen model konstrukce a proveden výpočet přetvoření. Následuje posouzení mezních stavů a případná modifikace vstupních parametrů tak, aby bylo vyhověno daným požadavkům [1][2].

3.1.5 PROVÁDĚNÍ

Pro správné provedení betonové průmyslové podlahy a jejího dlouhodobého využívání je nutné zvolit vhodné složení podlahového systému, použít beton s vhodným složením a kvalitními složkami, zvoleno vhodných technologických postupů při výrobě, dodržena technologická kázeň a především bylo provedeno vhodné ošetřování při zpracování. Zanedbání některých těchto faktorů může vést ke vzniku nežádoucích vad a poruch, jenž mohou celé dílo znehodnotit a vynutit si tak případné opravy a sanace. Na finální vlastnosti betonové podlahy mají značný vliv také charakteristiky podloží. Mezi faktory podloží, jenž ovlivňují tyto vlastnosti se řadí zejména míra, způsob provedení a celková kvalita zhutnění podloží, jeho rovinnost a příslušné vlhkostní poměry.

Správná funkčnost, užitnost a trvanlivost konstrukce je podmíněna odborným postupem již při samotném návrhu receptury a volbě vhodných vzájemně kompatibilních surovin. Daná receptura musí splňovat jak požadavky na fyzikálně-mechanické vlastnosti ztvrdlého betonu, tak také umožnit jeho transport a dobré zpracování v čerstvém stavu. Beton je ve většině případů odebírán ze statických betonáren a dopravován na stavbu autodomíchávači, s jeho následnou přepravou na místo uložení pomocí pneumatického či pístového čerpadla. V tomto případě je nutné ověřit dobu dopravy a zjistit průběh chování čerstvého betonu v čase a zajistit jeho vhodnou zpracovatelnost po požadované době. Další možností je využití mobilní betonárny, jenž může být dopravena na místo výstavby. Výhoda této metody spočívá v eliminaci dálkového transportu čerstvého betonu a umožňuje tak využít jiná technologická opatření týkající se vlastního složení. Nevýhodou je pak většinou nižší kapacita výroby a nižší míra automatizované detekce procesu míchání.

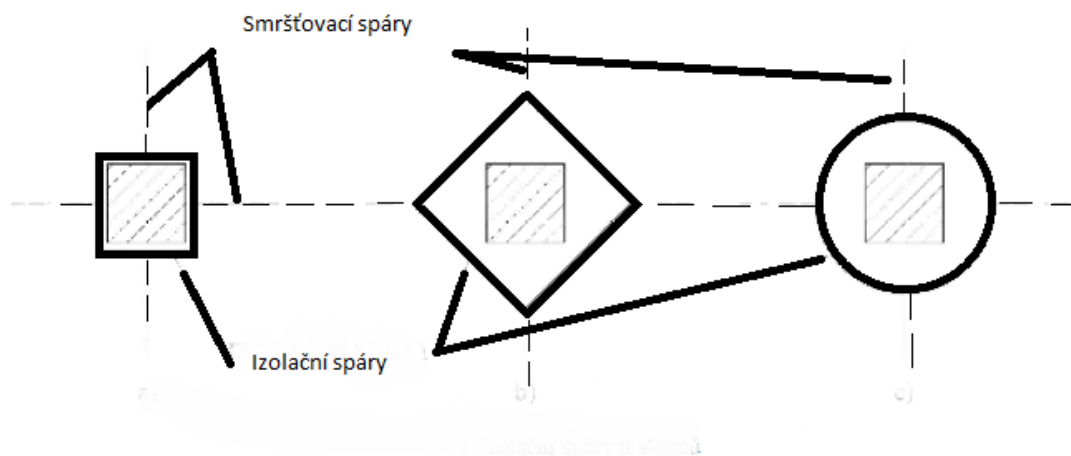
Po výrobě a dopravě čerstvého betonu na místo určení je snahou maximálně zjednodušit proces jeho vlastního uložení a celkového zpracování. Tato skutečnost často vede k používání velice účinných chemických přísad, či využití strojní mechanizace a automatizace. Při využití účinných superplastifikačních přísad je dosahováno takového stupně ztekucení, že nemusí být vůbec třeba provádět jakékoliv zhutňovací práce. V případě zpracování čerstvého betonu moderními automatickými strojními zařízeními je dosahováno výborných výsledků místní i celkové rovinnosti, jelikož tyto stroje jsou schopné laserové a ultrazvukové výškové nivelace. V prostorech, kde je již použití mechanizace nemožné, lze provádět betonáž pomocí vibračních latí a trámů, které se mohou pohybovat po výškově fixovaných vodících lištách. Tyto lišty mohou být po betonáži odstraněny nebo ponechány na místě ve formě ztraceného bednění. Při větších prostorech lze využít plovoucí vibrační lišta s elektrickým, nebo spalovacím motorem. Rozšířené je také používání vrtulových rotačních hladících prostředků pro vytvoření finálního povrchu. V případech, kdy je možné využít těžké mechanizace, lze využít strojů na výrobu betonových vozovek pohybujících se na vodících lištách a finišerů s kluznou bočnicí na pásových podvozcích. S těmito stroji je dosahováno velice kvalitního zhutnění čerstvého betonu a dobré míry rovinnosti. Lze využít také speciálních strojů pro velkoplošnou pokládku průmyslových podlah. Tyto stroje s pásovým nebo kolovým podvozkem jsou opatřeny výsuvným ramenem, na kterém je umístěno vibrační a rovnací zařízení, které čerstvý beton zpracovává. Jednotlivé metody zpracování čerstvého betonu mají své klady i zápory. Volba určité technologie provádění je závislá na daných prostorech, jejich přístupnosti, časových, personálních a ekonomických podmínkách a dalších. V každém případě je míra zhutnění závislá na konzistenci čerstvého betonu a kinetické energii daného vibračního budiče [1][9].

Pomocí provádění spárování u velkoplošných betonových podlahových ploch lze do značné míry omezit vznik a šíření nežádoucích vad a poruch. Spára je místem plánovaného vertikálního přerušení celkové kontinuity betonové desky. Tímto je do určité míry omezeno působící vnitřní pnutí, jenž vzniká při tvorbě struktury tvrdnoucího betonu, a deformace vznikající tepelnými změnami konstrukce. Spáry jsou častým místem vzniku vad a poruch a proto je nutné věnovat značnou pozornost jejich návrhu a technologickému zpracování. V opačném případě se může v těchto místech spustit degradační proces, který v průběhu času může vést ke kumulaci různých poruch, jež mohou vést k omezení v používání konstrukce. Rozdělování velkoplošné betonové konstrukce lze provádět několika způsoby a výsledné vlastnosti průmyslové podlahy jsou na tomto přímo závislé.

Základní způsob spárování je tvořen technologickým procesem při vlastním ukládání čerstvého betonu, kdy v průběhu času vznikají jednotlivé bloky. Tato přerušení se nazývají konstrukčními spárami. Tyto spáry vznikají v případě, kdy již není kladen čerstvý beton k čerstvému betonu. Umístění a rozměry těchto spár jsou závislé na technické organizaci prací, denní činnosti provádějící společnosti a dalších neplánovaných negativních vlivech.

Dalším typem jsou smršťovací, nebo také kontrakční spáry. Toto dělení je prováděno pro zamezení vzniku trhlin v důsledku značných tahových napětí vznikajících při hydratačním a tepelném smršťování betonové desky. Tyto trhliny vznikají v případě, že působící tahová napětí překračují aktuální tahovou pevnost zrajejšího betonu. Tyto spáry jsou konstruovány jako úmyslné trhliny v daných místech stanovených projektem. V těchto místech je úmyslně oslaben průřez betonové desky a po překročení tahových napětí dojde v těchto místech k vytvoření trhlin. Toto oslabení lze provádět vtlačováním vhodných podélných profilů různých materiálů do čerstvého betonu, nebo prořezáváním drážek do částečně ztvrdlého betonu. Jako smršťovací spáry mohou také fungovat spáry konstrukční v případě, že nejsou vzájemně pevně konstrukčně spojeny [1][9].

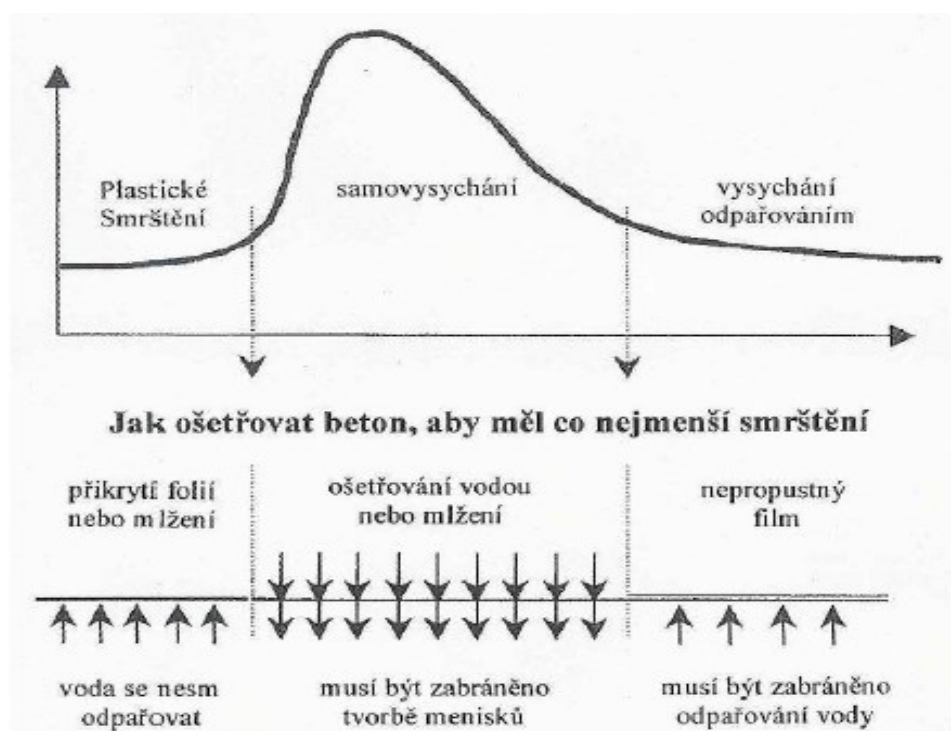
Proti vzniku trhlin a deformací, jenž se tvoří v důsledku působícího napětí ve svislých konstrukčních prvcích stavby, je prováděno oddělovací, neboli izolační spárování. Toto opatření je nejčastěji prováděno v okolí sloupů. Nejjednodušším řešením je obložit sloup výplňovým materiálem, který zabrání pevnému spojení desky a sloupu a umožní jejich volný vzájemný pohyb. Další možností je pevné spojení malé oblasti ve tvaru kruhu, či kosočtverce a až k tomuto tělesu vést další spáry. V obou těchto případech je nutné aplikovat diagonální tyčovou výztuž a posílit tak danou oblast [9].



Obr. 1: Umístění izolačních a smršťovacích spár [9]

Ošetřování

Ošetřování betonu je velmi důležitou a nezbytnou součástí procesu výroby. Při neošetřování betonu vznikají v betonu trhliny a praskliny. Tyto trhliny vznikají v důsledku teplotního a vlhkostního gradientu mezi povrchem a středem desky, jenž je vyvolán působením hydratačního tepla a odpařující se vody. Těmto negativním jevům je třeba předcházet, jelikož jsou zdrojem vzniku a šíření trhlin a poruch podlahového systému. V první fázi ošetřování je nejjednodušším postupem kropení vodou. Toto je možné provádět nejdříve po ukončení tuhnutí betonu, tedy zhruba 5 hodin jeho stáří, z důvodu zamezení jeho rozplavení. V první fázi lze také využít fólie z PVC a čerstvý beton jimi zakrýt, nejdříve však po 3 hodinách. Při tomto postupu je však nutné zamezit průvanu a tím polétávání této fólie. Druhou fází je nejčastěji ošetřování pomocí mokré geotextilie přikryté parotěsnou fólií, pro zamezení jejímu vysychání. V této fázi lze také udržovat beton zvlhčen kontinuálním mlžením. Tyto dvě fáze mají optimálně trvat 7 dnů, kdy je dosaženo 70% pevnosti betonu v tlaku po 28 dnech. Poslední etapou ošetřování je zamezení dalšího volného odpařování vody pomocí obalení parotěsnou fólií, nebo lépe nanesením paronepropustného filmu. Tyto filmy však nelze aplikovat v případě, že na daný povrch bude aplikována následující vrstva stěrky, položení dlaždic a podobně, jelikož fungují jako separační vrstva.



Obr. 2: Průběh a způsob ošetřování betonu [24]

Dle požadavků investora a budoucího využití konstrukce lze povrch betonové podlahy upravit libovolným způsobem. Povrch lze opatřit jistým minerálním vsypem, pro dosažení zvýšení protismykových vlastností, omezení míry obrusnosti, zabarvení a dalších. Povrch lze opatřit také vysokopevnostní stěrkovou maltovinou, únosnými dlaždicemi, nebo kostkami a mnohými dalšími technologiemi.

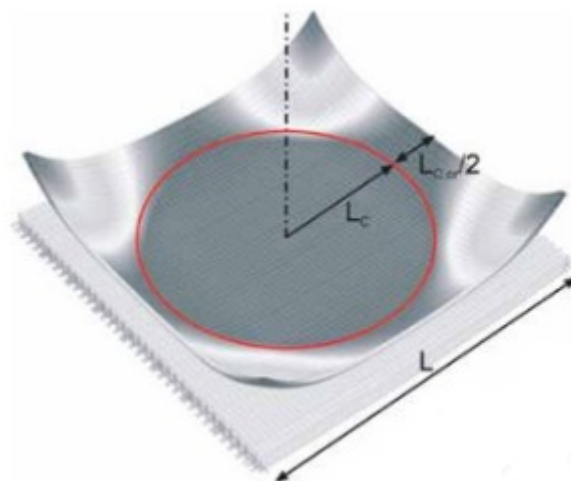
3.1.6 VADY A PORUCHY

Při realizaci betonových průmyslových podlah se obvykle setkáváme s problémy, které mohou omezit možnosti využití daných technologických a jiných prostorů. Tyto vady a poruchy je možné kvalifikovat, v celé řadě určit jejich příčinu vzniku a tyto problémy odstranit. Značnému množství těchto negativních projevů lze předejít správným návrhem, dodržením technologické kázně při vlastním zpracování a provedení příslušných opatření v otázce ošetřování. Při případném sanačním procesu je nutné nejprve zjistit skutečnou příčinu vzniku, tuto odstranit a až poté provádět vlastních sanačních opatření pro danou vadu či poruchu. V technologii betonových podlah se setkáváme s některými opakujícími se vadami a poruchami. U těchto je většinou možné přesně určit příčinu vzniku a způsob jakým lze daný problém nejlépe vyřešit. Některé tyto negativní projevy nedokonalosti betonové podlahy jsou uvedeny níže.

Nejčastějším problémem, jenž se vyskytuje u betonových podlahových systémů je rovinnost, respektive nerovinnost jejich povrchů. Tato vlastnost je hodnocena pomocí dodržení, nebo nedodržení výškové hodnoty kteréhokoliv bodu, vzhledem k výškové hladině určené v dokumentaci. Rovinnost je důležitá zejména v případě značné dopravní vytiženosti. Pro dopravní prostředky je důležitá zejména místní rovinnost podlahy. Tato vlastnost je reprezentována jako výškové odchylky vybraných bodů od srovnávací výškové roviny. Tato vlastnost je podrobně rozebrána v kapitole 3.2.2 *Povrch a rovinnost*.

Častým problémem při výrobě velkoplošného podlahového systému je také zvedání rohů jednotlivých dílčích prvků. Zvedání rohů je obtíží zejména při pohybu dopravních prostředků. Důsledkem může být odlamování rohů a hran prvků a následné šíření degradačního procesu. Tento nežádoucí projev je způsobován rozdílnou mírou vlhkosti mezi spodním a horním povrchem dílce při zrání betonu, zejména při zanedbání řádného ošetřování. Z horního povrchu desky je voda odpařována, zatím co spodní část je vodou nasycena. Při tomto procesu vznikají nerovnoměrná tahová napětí ve tvořící se struktuře betonu. V minulosti tato tahová napětí obvykle tvořila síť smršťovacích trhlin. S příchodem technologie drátkobetonu se však

tato napětí vnášejí do jednotlivých drátků a vznik smršťovacích trhlinek je omezen. Toto vnesení napětí je důsledkem brzkého spolupůsobení rozptýlené výztuže s tuhoucím betonem. Výsledné napětí poté vyvolá nežádoucí deformaci rohů [33].



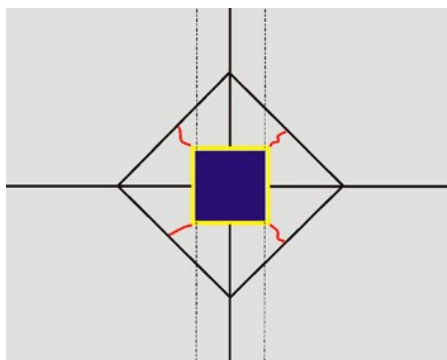
Obr. 3: Zvedání rohů betonového prvku [33]

Důsledkem provozu technologie a dopravy a dalšího využívání podlahové konstrukce vznikají v betonové desce různé trhliny a defekty. Tyto trhliny podporují postupný kumulativní degradační proces, a proto je vhodné se jim vyvarovat. Trhliny, jakkoliv závažné, mají přímý vliv na celkovou životnost dané podlahy. Tyto nedostatky mohou v zásadě vznikat dvěma procesy. Trhliny značící konstrukční nedostatky se objevují při působení jistého zatížení a mohou indikovat omezení, případně nebezpečí pro další používání. Tyto trhliny mohou vznikat v libovolných místech konstrukce. Druhým typem trhlín, jsou ty, jež vznikají při technologickém zpracování daného projektu a jsou projevem nevhodných postupů. Nejčastěji vyskytující se defekty a jejich možné příčiny jsou uvedeny níže.

Jemné smršťovací trhliny jsou způsobovány nevhodným, nebo dokonce žádným procesem ošetřování po betonáži. Tyto jemné sítě trhlinek vznikají vlivem odpařování vody z povrchu a jsou závislé především na okolních podmínkách prostředí při tvrdnutí betonu, obsahu a druhu rozptýlené výztuže, množství použité vody a intenzitě jejího odpařování zejména v počátečních fázích strukturní tvorby. Množství těchto trhlín a jejich velikost je přímo závislá na těchto faktorech.

Absence oddělovacích spár prvků přenášející svislé působící zatížení může vést ke vzniku diagonálních trhlín v jejich okolí. Tyto závady jsou projevem dynamických účinků

zatížení a teplotních změn konstrukce. Nejčastější místa vzniku a způsob zabránění jejich vzniku vytvořením dilatačních spár jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



Obr. 4: Diagonální trhliny a vhodné umístění oddělovací spár [33]

Kontrakční trhliny jsou důsledkem nevhodných postupů při řešení otázky kontrakčních spár. Nedostatky vedoucí k tvorbě těchto defektů jsou zejména nevhodné umístění kontrakčních spár a nevhodný čas jejich realizace. Nejčastěji jsou projevem difference vlhkostního gradientu mezi povrchem a jádrem tvrdnoucího betonu. Další typické trhliny jsou ty, jež vznikají rovnoběžně s kontrakčními spárami. Tyto jsou projevem pozdní tvorby těchto spár. Trhliny také mohou vznikat v důsledku přerušení betonáže při jejich výrobě a to na styku těchto vrstev [33].

Dalším běžným jevem používání a vlivem dopravní vytíženosti, projevující se jako dynamické zatížení, vznikají výtlučky, neboli porušení soudržnosti povrchové vrstvy betonové desky. Tyto vady se obvykle objevují v místech nerovností, napojení a dilatací všech druhů a místech s předešlými stávajícími vadami [35].

Odlupování svrchních vrstev, jež jsou v kontaktu s okolním prostředím provozu, je nežádoucí jev, který se může dále šířit. Vznik těchto vad je obvykle spojen s nevhodným postupem při výrobním procesu. Obvykle jsou tyto degradační procesy způsobeny vlhkým, málo únosným, mastným, nebo jinak nevhodně připraveným a znečištěným podkladem [33][35].

Makroskopická degradace betonové podlahy je nežádoucí projev, který může způsobovat značné obtíže při využívání prostoru a bývá označován jako drobení betonu. Tyto vady mohou vznikat v ploše, nebo v blízkosti spár, či přímo v nich. V případě že je tato vada v ploše bloku, je nejpravděpodobnější příčinou vzniku technologická nekázeň, nebo nedostatečné ošetřování při zpracování. V případě, že se oblast vyskytuje poblíž spár, je toto nejspíše způsobeno vlivem dopravního vytížení. Při přejíždění dopravních prostředků přes tyto

spáry mezi jednotlivými deskami, je jejich vyvozované napětí přenášeno mezi sousedními deskami. Při tomto procesu dochází k pohybu desek, které mezi sebou reagují. Nejsou-li betonové desky na tato přenášená napětí vhodně dimenzovány, může docházet k jejich destrukci a dalšímu šíření nežádoucích degradačních jevů [33].

3.2 VLASTNOSTI PRŮMYSLOVÝCH PODLAH

Na povrchy ale i celkově na konstrukce průmyslových betonových podlahových systémů je kladena celá řada kvalitativních požadavků. Tyto požadavky vycházejí jak ze záměrů projektantské činnosti, kdy jsou brány na zřetel zejména běžná technologická kritéria, tak také ze záměrů managmentu společnosti, kdy dochází k zohlednění předběžného pracovního, výrobního a manipulačního plánu. Základní požadavky na vlastnosti, jež musí být při každém zpracování průmyslové podlahy dodrženy, jsou uvedeny v normě ČSN 74 4505. Mezi sledované faktory podlahové konstrukce se v první řadě řadí vznik, distribuce a případně šíření trhlin. Tento jev je však považováno spíše za vadu, nežli za vlastnost, proto byla tato problematika řešena podrobně v části *3.1.6 Vady a poruchy*. Mezi další sledované vlastnosti podlahových konstrukcí se řadí zejména celková a místní rovinnost povrchu [5]. Tyto vlastnosti jsou velmi důležité pro bezproblémovou manipulaci a dopravu zboží, jeho uskladnění i bezpečnost provozu. Dalšími sledovanými vlastnostmi těchto konstrukcí pak mohou být vlastní únosnost podlahy, jež je spojena s pevnostní třídou betonu podlahy a její houževnatostí, konstantní rozměry, vzdálenost a směry spár, odolnost proti agresivnímu prostředí, nasákavost, rozptýlení vláken, celková homogenita ztvrdlého betonu a další. Pro správné a bezpečné užívání podlahové konstrukce v průběhu celé její životnosti je nutné, aby tyto vlastnosti splňovaly příslušné požadavky a to i v průběhu celé doby používání. Toto lze zajistit především odborností vedoucích členů týmů a dodržování pracovní a technologické kázně během provádění prací.

3.2.1 ÚNOSNOST

Únosnost betonových podlah je přímo závislá na kvalitě podkladních vrstev vlastní konstrukce, kvalitativní třídě a celkovém složení použitého betonu, míře vyztužení a samozřejmě také na vlastním technickém zpracování. Od specifického složení betonu, tedy obsahu různé rozptýlené výztuže, se odvíjí především houževnatost ztvrdlého betonu. Je dosahováno také navýšení pevnosti betonu v tahu za ohybu, v některých případech však může dojít i k mírnému poklesu tlakových pevností [9]. Konečná maximální pevnost, tedy maximální

zatížení, které je daná konstrukce schopna přenést, je vlivem rozptýlené výztuže navýšena. Přídavkem rozptýlené výztuže do struktury betonu je také omezen křehký charakter prostého betonu a vláknobeton je tak schopen přenášet určité zatížení i po značné deformaci prvku a vzniku trhlin. Toto je důsledkem způsobu, jakým se drátkobeton v daném místě porušuje. Po vzniku trhliny je patrné stále působení drátků, které v jisté míře brání jejímu šíření. V dalším průběhu jejího šíření se však tyto drátky postupně trhají nebo vytahují a přestávají tak plnit svou funkci.

Důležitým faktorem je zde vzájemné působení mezi rozptýlenou výztuží a betonovou, respektive cementovou matricí. Při vzniku trhliny je žádoucí, aby spolupůsobení mezi vlákny nebo drátky a cementovou matricí bylo pevné a nedocházelo k pouhému vytahování vláken ze struktury betonu. U ocelových drátků je tomu nejčastěji předcházeno již při jejich výrobě, kdy jsou konce jednotlivých drátků zahnuty jednou, či vícekrát. Další možností je zdrsňování jejich povrchu a jejich celkové zvlnění. Pro navýšení výsledné pevnosti kompozitu je však nutné, aby aplikované drátky měly vyšší pevnost a modul pružnosti než vlastní betonová matrice. Specifickým případem je spolupůsobení cementové matrice se skelnými vlákny. Tato vlákna jsou dodávána ve svazcích obsahující stovky skelných mikrovláken. Po jejich aplikaci dojde k rozplavení, nikoliv však celkovému. Při interakci cementové matrice a menšího svazku skelných vláken dochází k pevnému spojení vnějších vláken svazku, zatím co vnitřní vlákna ve svazku jsou volně pohyblivá. Tímto jevem je dosahováno vysokého stupně houževnatosti a únosnosti takového betonového kompozitu [9].

3.2.2 POVRCH A ROVINNOST

Povrch podlahy a jeho vlastnosti jsou klíčovými faktory při zpracování průmyslového podlahového systému. Kvalita povrchu patří k nejdůležitějším vlastnostem zejména z důvodu, že je jedinou částí celého systému, jenž je viditelná a v interakci s okolním provozem výroby či skladu a veškeré vady a poruchy jsou zřejmé. Povrch průmyslové podlahy může být ve formě hlazeného betonu, opatřena jemnozrnným nebo hrubozrnným minerálním vsypem nebo potěrem. Na průmyslové podlahy a jejich povrch jako takový je kladena celá řada požadavků, jenž jsou stanoveny normou ČSN 74 4505, případně závisí na prání investora [5]. Mezi nejčastější požadavky na povrchy podlah se řadí zejména místní a celková rovinnost, vodorovnost a jeho odolnost proti obrušování. Mezi další požadavky se dále řadí maximální možné zkosení, hrubost, dodatečné povrchové úpravy, případně přípustné množství odprýsknutí na metr čtverečný plochy, nebo množství oprav povrchu [2].

Rovinnost a vodorovnost podlahy je klíčovou vlastností, která výrazně ovlivňuje dopravní obslužnost a podmiňuje tak použitelnost daného objektu. Tyto vlastnosti lze v zásadě měřit dvěma způsoby. Prvním je přikládání různě dlouhé rovné latě k povrchu a měření velikosti otvoru mezi latí a povrchem. Pro různě dlouhé latě jsou stanoveny maximální povolené hodnoty. Druhým možným způsobem měření této vlastnosti je využití laserových, či optických měřících přístrojů, proměření řady stanovených bodů a vyhodnocení celkového výškového průběhu podlahy. K problematice měření rovinnosti lze přistupovat několika způsoby, jenž jsou uvedeny v příslušných legislativách. Rovinnost průmyslových podlah je možno měřit a vyhodnocovat dle několika norem a technických předpisů.

První přístup k měření místní rovinnosti je stanoven českou normou ČSN 74 4505. Dle této normy je stanoven měřicí proces jako přikládání dvoumetrové ověřené latě k povrchu podlahy a měření vzniklé mezery. Maximální vzdálenost mezi nejnižším bodem a hranou latě je stanovena jako 2 mm. Hlavní výhodou této metody je její jednoduchost, nedokáže však postihnout celkový rovinnostní charakter podlahy. Postup této normy nedokáže zohlednit ani celkovou vodorovnost a vlnitost a nestanovuje počet ani místa měření [5][9][33]. Možností je také využití normy ČSN 73 0212-3, která opět využívá hodnot velikosti mezer mezi povrchem a měřicí latí [39]. Rozdíl spočívá v tom, že měřicí body jsou podél latě rozloženy ve vzdálenosti 500 mm. Nevýhodou této metody je možné vynechání míst s největším zakřivením a značné nejasnosti v jejím výkladu [34].

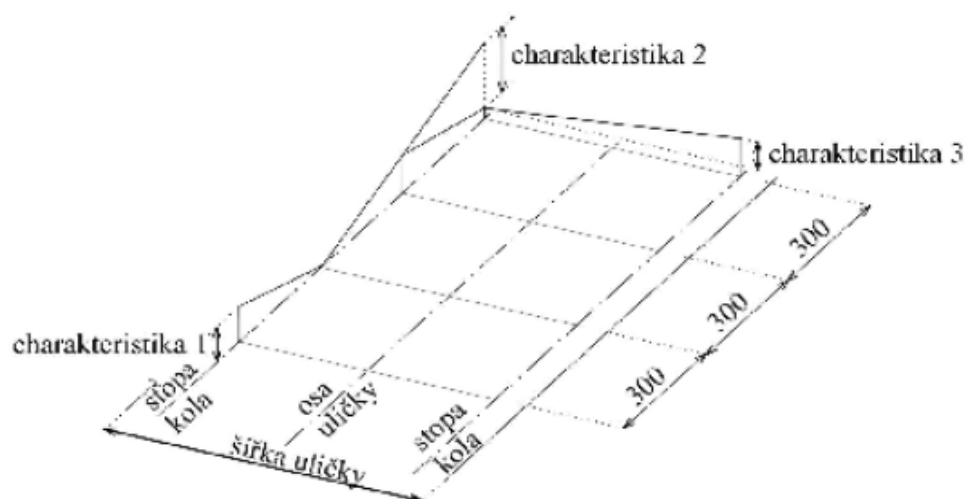
Dalším možný přístup je řešen v německé technické normě DIN 18 202. V případě využití této normy je možné použít dvou zkušebních postupů, kontrolor však musí s výsledkem uvést nejistotu měření. Měření lze provést pomocí příslušně dlouhé latě, která je přikládána na namátkově vybraná místa a měří se největší výška mezi povrchem a hranou latě. Druhou možností je využití laserových nebo optických měřících přístrojů, kdy je stanovena měřicí síť. Nerovnost v jednotlivých bodech je poté stanovena jako rozdíl výšky v tomto bodě s průměrnou hodnotou všech měření. Tyto hodnoty jsou poté porovnávány se stanovenými hodnotami uvedenými v tabulce níže [2][9][34].

Tab. 1: Mezní hodnoty tolerancí dle DIN 18 802 [2]

Kat.	Vztah	Mezní hodnota tolerance [mm] pro vzdálenosti měřících bodů do [m]				
		0,1	*1	*4	*10	*15
1	Povrchově nedokončené vrchní strany stropů, spodních a podkladních betonů	10	15	20	25	30
2	Povrchově nedokončené vrchní strany stropů, spodních a podkladních betonů se zvýšenými požadavky, např. pro položení plovoucích potěrů, průmyslové podlahy, dlažeb, spojovacích potěrů. Hotové povrchy pro podřadné účely	5	8	12	15	20
3	Povrchově dokončené podlahy, např. užitkové potěry, potěry pro uložení podlahových obkladů, podlahové obklady, dlažby, zatmelené a nalepené obklady	2	4	10	12	15
4	Povrchově dokončené podlahy, např. užitkové potěry, potěry pro uložení podlahových obkladů, podlahové obklady, dlažby, zatmelené a nalepené obklady	1	3	9	12	15

*Mezihodnota je zaokrouhlena na celé mm a interpolována

Ve světě je také uznáván technický předpis Technical Report 34, který se podrobně zabývá rovinností podlah v objektech s předem známými i náhodnými dopravními trasami. V případě, že dopravní trasy jsou předem známy, pracuje tento předpis se třemi tzv. charakteristikami, přičemž každá reprezentuje určitou rovinnostní vlastnost. Každá charakteristika je složena ze dvou hodnot, kde první představuje hodnotu, která může být překročena maximálně o 5 % a druhá překročena být nemůže. Po stanovení těchto charakteristik jsou tyto hodnoty porovnávány s hodnotami stanovenými. Charakteristika 1 představuje převýšení bodů v linii stopy kola. Toto měření je prováděno po třiceti centimetrech. Charakteristika 2 vyjadřuje rozdíl dvou po sobě jdoucích charakteristik 1. Charakteristika 3 pak představuje převýšení bodů mezi body v linii rovnoběžných stop kol dopravního prostředku. Měřící body pro stanovení charakteristiky 3 jsou opět měřeny ve vzdálenostech 30 cm. Tyto charakteristiky jsou zobrazeny na schématu níže [2][9].



Obr. 5: Zobrazení jednotlivých charakteristik pro měření rovinnosti dle TR 34 [9]

Naměřené hodnoty jsou poté porovnávány se stanovenými hodnotami uvedenými v tabulce níže. Pro účely rozlišení a posouzení jsou stanoveny 3 kategorie a to běžné, rovné a superrovné. Každé kategorii jsou přiřazeny příslušné mezní odchylky. Celková vodorovnost podlahy se poté stanoví porovnáním srovnávací roviny (rovina stanovena průměrnou hodnotou všech měření) s jednotlivými měřeními a přípustnými tolerancemi. Pro kategorii běžné podlahy je stanovena mezní odchylka ± 15 mm a pro rovné a superrovné podlahy odchylka ± 10 mm od srovnávací roviny [9].

Tab. 2: Stanovené hodnoty tolerancí jednotlivých charakteristik [9]

Kategorie	Přípustné hodnoty jednotlivých charakteristik povrchu [mm]							
	Charakteristika 1		Charakteristika 2		Charakteristika 3			
					Rozchod kol do 1,5 m		Rozchod kol nad 1,5 m	
	5 %	0 %	5 %	0 %	5 %	0 %	5 %	0 %
Běžné	0,75	1,00	1,00	1,50	1,50	2,50	2,00	3,00
Rovné	1,50	2,50	2,50	3,50	2,50	3,50	4,00	4,50
Superrovné	2,50	4,00	3,25	5,00	3,50	5,00	4,00	6,00

Technical Report 34 řeší také situaci pro náhodné uspořádání dopravních tras. V tomto případě se pracuje se dvěma hodnotícími faktory, a to charakteristika 2 a charakteristika 4. Dle technického předpisu je stanovena síť měřících bodů, které jsou ve dvou kolmých směrech vzdálené vždy 3 metry. Charakteristika 2 je stanovena stejně jako v případě situace s plánovanými dopravními trasami a měří se na všech spojnicích měřících bodů rastru. Charakteristika 4 je představována jako rozdíl výšek jednotlivých sousedících měřících bodů

v této síti. Naměřené hodnoty jsou opět porovnávány se stanovenými hodnotami uvedenými v tabulce níže. Pro hodnocení vodorovnosti v tomto případě jsou zavedeny kategorie FM1, FM2 a FM3. Pro kategorii FM1 je stanovena přípustná tolerance ± 10 mm a pro zbylé kategorie je připouštěna tolerance ± 15 mm od srovnávací roviny [9].

Tab. 3: Stanovené hodnoty tolerancí jednotlivých charakteristik [9]

Kategorie	Přípustné hodnoty jednotlivých charakteristik povrchu [mm]				
	Charakteristika 2		Charakteristika 4		
	3 %	0 %	10 %	2 %	0 %
FM1	2,5	4,0	3,0	4,5	7,0
FM2	3,5	5,5	6,0	8,0	12,0
FM3	5,0	7,5	8,0	10,0	15,0

3.2.3 DISTRIBUCE ROZPTÝLENÉ VÝZTUŽE

Na výsledných vlastnostech vlákny vyztuženého kompozitu nemá vliv pouze jeho hmotnostní složení a kvalita surovin, postup a čas mísení, doprava, ukládání a ošetřování ale také orientace a rozmístění jednotlivých vláken v jeho struktuře. Rozptýlená výztuž je dodávána kusově nebo jako bloky lepené vodou rozplavitelným lepidlem. Do směsi je přidávána jako poslední složka a je nutné zajistit její řádné a kompletní rozmíchání. Při nesprávném dávkování ocelových drátků, či nesprávném postupu míchání, mohou vznikat spletnice z těchto drátků o velikosti až několik desítek centimetrů v průměru. Proto je vhodné používat speciální strojní rozdružovače. Technologie míchání, dopravy a ukládání, způsob dávkování rozptýlené výztuže, konzistence čerstvého betonu i doba míchání mají vliv na finální homogenitu kompozitu. Rozptýlená výztuž je nejúčinnější nachází-li se víceméně kolmo k působícímu zatížení. Drátky odchýlené od toho směru odpovídají za značnou houževnatost drátkobetonu. Tohoto polohování je však zatím nemožné cíleně dosáhnout a jednotlivá vlákna nebo drátky jsou rozmístěny do trojrozměrné sítě. Jisté směrovosti je dosahováno při dopravě čerstvého drátkobetonu určitým otvorem, kdy část výztuže sleduje původní směr dopravy [11].

V současné době se pohybuje běžný obsah drátků v betonu kolem 2 - 3 % z jeho hmotnosti a neexistuje praktická metoda jak tento obsah účinně zvýšit a ještě více tak zlepšit fyzikálně-mechanické vlastnosti výsledného kompozitu. Při vyšších objemech rozptýlené výztuže dochází k nekvalitnímu zaplnění volných prostor a tak k oslabení celkové struktury drátkobetonu. Specifickou výrobní technologií je takzvaný SIFCON, kdy se drátky nejprve uloží do připravené formy a následně se zaplní vysokopevnostní cementovou maltou. Obsah

drátků používaných při této technologii výroby dosahuje k hodnotám až 700 kg na m³. Při velmi vysokých dávkách ocelových vláken je nezbytné použít značnou zhutňovací energii pro dokonale zaplnění vzduchových mezer. Nejen při dopravě drátkobetonu je optimální udržovat vodní součinitel v rozmezí hodnot 0,38 - 0,42. Při tomto vodním součiniteli je maximálně omezeno shlukování i segregace drátků. Pro zlepšení zpracovatelnosti je doporučeno používat plastifikačních a superplastifikačních přísad na úkor vody. Při míchání drátkobetonu musí být zamezeno importu vzduchu do čerstvého betonu. Tento jev je spojován s vyšším obsahem drátku v čerstvém betonu jejich tvarem, respektive štíhlostním poměrem a rychlostí otáčení lopatek mísícího zařízení a je na nich přímo závislý. Pro zamezení nadbytečného obsahu vzduchu, a tedy ztráty pevnosti, je nutné se vzrůstající dávkou ocelových drátků omezit rychlost otáčení mísícího zařízení [4][9][11].

3.2.4 TRVANLIVOST

Trvanlivost betonu jako takového je jednou z klíčových vlastností pro umožnění správného a dlouhodobého využívání betonových podlah. Trvanlivost a tedy i životnost betonu je závislá na celé řadě faktorů, a pro dosažení maximální hodnoty této vlastnosti je nezbytné věnovat jim příslušnou pozornost. Funkčnost betonu je možné ovlivnit již při samotném návrhu složení, kdy je vhodné volit suroviny s odpovídajícími parametry a vzájemnou kompatibilitou a tyto pak mísit v ideálním poměru. Pro zlepšení užitých vlastností betonu je nutné používat chemických přísad, jako jsou například superplastifikační, odpěňovací přísady a další. Popřípadě je možné využít dalších partikulárních příměsí, jenž mohou svým charakterem jednak přispívat k navýšení fyzikálně-mechanických vlastností, nebo jen zmírnit ekonomickou náročnost projektu.

Kvalita betonu je také ovlivněna způsobem a dobou mísení v homogenizačním zařízení, jeho dopravou na místo určení, zpracováním a následným ošetřováním. Ošetřování betonu ve fázi počátku procesu tvrdnutí je pro jeho finální vlastnosti klíčové. Není-li ošetřování provedeno správně, nebo není-li provedeno vůbec, vznikají během hydratačních procesů značné defekty ve struktuře betonu, což vede k značnému omezení jeho trvanlivosti. Ošetřování betonu je vhodné zahájit co nejdříve po jeho uložení a zhutnění. Cílem je umožnění volného působení hydratačních procesů cementu bez přerušení jejich pochodů. Ošetřováním je zamezeno vzniku trhlin a mikrotrhlin na povrchu a ve struktuře betonu, které vznikají v důsledku působení tahových napětí v betonu, jenž je vyvoláno teplotním a vlhkostním gradientem podél průřezu a odpařováním vody z povrchu. S trvanlivostí také souvisí vlastnosti

jako odolnost proti cyklickému zmrazování, odolnost proti působení chemických rozmrazovacích látek, či odolnost proti ostatním agresivním činitelům, jako jsou například kyseliny, síranové sloučeniny, agresivní plyny a další. Při působení těchto negativních vnějších vlivů dochází k porušování struktury ztvrdlého betonu vlivem fyzikálních, biologických a chemických procesů. Trvanlivost betonu je hodnocena na základě jeho mrazuvzdornosti, odolnosti proti obrusu a agresivním chemickým sloučeninám [2].

Mrazuvzdornost betonu je definována jako jeho schopnost odolávat, ve vodou nasyceném stavu, cyklickému zmrazování a rozmrazování v daném teplotním intervalu. Kapilární systém struktury betonu je z jisté míry zaplněn vodou, která je schopná měnit své fyzikální skupenství a měnit tak svůj objem. Chemicky vázaná voda v pevné skupenství nepřechází nikdy a voda obsažená v C-S-H gelu přechází v led až při teplotách kolem $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kapilární voda se však mění v led již při teplotách málo nižších než $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, v závislosti na velikosti kapilár [2]. Při dalším snižování teploty se tento prvotní led následně snaží transportovat do kapilár s menším průměrem. Transport a hromadění ledu poté vyvolává v kapilárách tahová napětí, které mohou způsobit poškození struktury betonu. Postupem pro zvýšení odolnosti proti zmrazování je aplikace provzdušňovacích přísad, které ve struktuře betonu vytvoří malé kulové póry, kterými je přerušena kapilární síť ztvrdlého betonu. Zavedením zvýšeného obsahu vzduchu do čerstvého betonu je však dosahováno snížení finálních pevností ztvrdlého betonu.

Pro správnou funkčnost betonové podlahy je míra obrusnosti jejím klíčovým faktorem. Obrusnost betonu vypovídá o odolnosti jeho povrchu proti dlouhodobému opakovanému působení tangenciálních sil [2][20]. Tyto síly jsou vyvozovány třením pohybujících se předmětů, manipulační techniky a další dopravy a jsou závislé na pevnostních poměrech betonu, hmotnosti používané techniky, momentální vlhkosti ztvrdlého betonu a dalším. Obrusnost betonu je závislá především na geologických a petrografických vlastnostech kameniva, především pak jeho hrubé frakce. Z toho důvodu je nutné pro aplikaci betonových podlah volit vhodné druhy plniv a jejich vlastnosti a kompatibilitu s ostatními vstupními surovinami testovat [2]. Obrusnost je dále závislá na pevnosti mechanického spojení na rozhraní cementové matrice a kameniva. Pro maximalizaci možného přenášeného napětí bez vzniku nevratné deformace je nutné, aby mechanické vlastnosti cementové matrice a použitého kameniva byly podobné [20][21].

Již při návrhu betonu je nutné znát požadavky na jeho chemické vytížení v budoucím provozu a zajistit vhodným složením jeho funkčnost a životnost po požadovanou dobu. Stupeň

chemické agresivity prostředí je specifikován dle normy ČSN EN 206 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Negativně mohou na beton působit agresivní chemické roztoky, plyny i pevné hmoty. Při působení těchto negativních agresivních činitelů dochází k atomární interakci mezi sloučeninami obsaženými v betonu a těmito činiteli. Výsledkem jsou nové krystalické sloučeniny, které mění svůj objem a vyvolávají tak ve struktuře ztvrdlého betonu napětí, jenž může vést ke vzniku trhlin a dalšímu šíření degradace. Pro určení chemické odolnosti betonu je nutné znát jeho náchylnost k porušení vlivem karbonatace, sulfatace, vápenného a hořečnatého rozpínání [2]. Karbonatace je proces, při kterém reagují hydroxid vápenatý, jenž je obsažen v betonu, se vzdušným oxidem uhličitým, za vzniku uhličitanu vápenatého. Tato reakce je spojena s poklesem pH ztvrdlého betonu a šíří se dále do jeho struktury pomocí kapilárních pórů. Při poklesu pH betonu pod hodnotu 9,5 je ochrana výztuže formou pasivace neúčinná. V tomto stavu je již možná koroze výztuže vlivem vlhkosti. Při zatížení vlhkostí dochází ke korozi betonářské výztuže a nárůstu jejího objemu. Při pokračující korozi dochází k laminárnímu zvětšování objemu jednotlivých prutů. S tímto je spojen i vývin vnitřního napětí, jenž může vést k destrukci struktury ztvrdlého betonu. Sulfatace betonu je proces, při kterém dochází k narušování struktury ztvrdlého betonu vlivem oxidu siřičitého v kombinaci se vzdušnou vlhkostí. Působením těchto vlivů dochází nejprve k transformaci hydroxidu vápenatého na siřičitan vápenatý a následovně k tvorbě krystalického sádrovce, jehož nově vzniklé krystaly zaujímají značně větší objem, než původní sloučeniny. Vyskytuje-li se v tomto okolním prostředí voda v kapalně fázi, dochází k tvorbě ettringitu. Tímto může dojít k destrukci struktury ztvrdlého betonu. Rychlost sulfatace je přímo závislá na koncentraci oxidu siřičitého a relativní vlhkosti okolí. Při působení vápenného rozpínání dochází k pomalé hydrataci volného, nezreágovaného oxidu vápenatého, který je již v zatvrdlém betonu obsažen. Hydratační produkty, které vznikají touto opožděnou reakcí značně navýší svůj původní objem a opět může docházet k destrukci struktury betonu. Hořečnaté rozpínání je způsobované opět opožděnou hydratací, a to volného oxidu hořečnatého ve formě periklasu. Při této pomalé reakci se mění volný oxid hořečnatý na hydroxid hořečnatý, přičemž dochází ke zvýšení objemu. Tato reakce může opět vést k destrukci struktury ztvrdlého betonu.

3.4 VYZTUŽOVÁNÍ PODLAH

Při realizaci průmyslových podlah je možno v dnešní době využít dvou základních druhů výztuže. Jedná se o výztuž klasickou - válcovanou, a výztuž ve formě rozptýlených jemných vláken, či drátků, vyráběných z různých materiálů. Každá z obou uvedených variant má své klady i zápory a je třeba volit druh výztuže dle jednotlivých případů a požadavků na finální systém průmyslové podlahy.

3.3.1 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ

Klasická betonářská válcovaná výztuž nachází v oblasti vyztužování průmyslových podlah a velkoformátových ploch využití zejména při realizaci venkovních plošných systémů, jenž jsou vystaveny střídavým vlivům počasí a je u nich třeba zajistit požadovanou krycí vrstvu výztuže z důvodu zamezení její koroze. Při využití válcované tyčové výztuže je nutné zajistit jejich přesnou polohu. Je třeba dbát zvýšené pozornosti u detailů zajišťujících polohu výztuže. Nesmí docházet k zatlačení podložek určující pozici spodní výztuže do podkladního terénu a je třeba dbát správnému použití vhodných distančníků zajišťujících polohu výztuže při horním lici [2]. Válcované výztuže je také využíváno pro zvýšení hodnoty vyztužení v detailech drátkobetonových podlah. Dalším významným využitím této výztuže je pak vyztužování podkladních cementobetonových desek. Při vyztužování betonových desek betonářskou válcovanou ocelí je třeba poměr mezi velikostí pole a mírou vyztužení optimalizovat například vhodnou volbou průměru výztuže a jejich vzdáleností. Vyztužování válcovanou betonářskou výztuží je prováděno vždy symetricky a je třeba zajistit jejich přesnou polohu. Z výrobního a technologického hlediska je vhodné používat svařovaných sítí typu Kari, jenž jsou dostupné s téměř libovolným průměrem prutů a vzájemných vzdáleností. U desek, které dle návrhu a umístění nemají být vystaveny výraznému kolísání teplot, zejména pak teplot záporných, je použití těchto svařovaných celků výhodné. Svařované síťové rohože jsou schopny zabránit při vzniku trhlin jejich šíření dále do plochy [1].

Válcovaná výztuž je zpravidla vyráběna a používána s průměrem od 4 do 32 mm (někteří výrobci nabízejí i výztuž s průměrem 50 mm), s hladkým nebo žebírkovaným povrchem a mezí kluzu běžně od 400 do 550 MPa [2]. Na trhu lze však nalézt i výztuže s individuálními materiálovými charakteristikami.

3.3.2 ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ

Při využití rozptýlené výztuže v betonu, samonivelačních stěrkách či potěrech je v podstatě využíváno dvou základních principů fungování. První významnou funkcí je omezení nebo dokonce úplné vyloučení vzniku trhlin vznikajících v prvních fázích tuhnutí a tvrdnutí betonu. Vláknata jsou schopná v určité míře přenášet tahová napětí vznikající od vnitřních sil, jež jsou vyvozována při tuhnutí směsi, čímž zamezují vzniku těchto trhlin [1][2]. Druhou základní funkcí této výztuže je částečné zvýšení pevností, zejména pak pevnosti v tahu za ohybu. Tato drobná vláknitá výztuž je v ztvrdlém betonu všesměrně rozptýlena a vytváří tak vyztužující prvek cementové matrice.

S použitím této výztuže je také spojeno zlepšení celé řady fyzikálně - mechanických vlastností. Mezi další vlastnosti, které jsou těmito vlákny (drátky) zlepšovány se řadí zejména omezení objemových změn, zvýšená chemická odolnost a mrazuvzdornost, zvýšení požární odolnosti, či zpomalení procesu karbonatace [2]. V některých případech mohou rozptýlená vlákna fungovat jako samoošetřovací systém ve vnitřní struktuře betonu, kdy vlákna odeberou během míchání část záměsové vody a tu poté během tvrdnutí vylučují. Zlepšení jednotlivých fyzikálně-mechanických vlastností záleží jednak na podílovém obsahu vláken ve složení směsi, ale také na druhu použitého vlákna a jeho vlastnostech. Z toho vyplývá, že ne všechny typy vláken zlepšující veškeré vlastnosti finálního kompozitu.

3.3.2.1 AZBESTOVÁ VLÁKNA

Azbestová vlákna byla první, která byla podrobena výzkumu v oblasti jejich využití jako rozptýlené výztuže v betonovém kompozitu. Pozornost těmto vláknům byla věnována zejména v druhé polovině 20. století pro jejich vysokou pevnost, vysokému modulu pružnosti, odolnost vůči působení vysokých teplot a zejména pro jejich abnormální schopnost rozptýlení velkého množství vláken [4]. Dosahované výsledky ukazovaly na možnost budoucího využití těchto vláken. Průmyslovému využívání těchto vláken však bylo zamezeno po zjištění o zdravotní závadnosti azbestu a jeho rakovinotvorných účincích. Využívání azbestu bylo zcela zakázáno ke konci 20. století.

3.3.2.2 UHLÍKOVÁ VLÁKNA

Uhlíková neboli karbonová vlákna jsou vysocepevnostní prameny s průměrem pohybujícím se v oblasti mikrometrů, a jenž obsahují uhlík v různých formách. Jelikož teplota tání uhlíku je značně vysoká (přes 4000 °C), uhlík není tažný a je odolný vůči rozpouštědlům je jeho výroba zcela odlišná od technologie výroby ostatních uváděných vláken. Technologie výroby uhlíkových vláken spočívá v řízené pyrolýze organických prekurzorů. Princip výroby spočívá v přípravě vhodného prekurzoru, tedy úpravě vstupního materiálu formou rozvláknění s následnou stabilizací za vysoké teploty, čímž dojde k mírné úpravě částicové struktury. Následuje proces samotné karbonizace, kdy při teplotě dosahující až k hodnotě 2000 °C dochází k vypuzení téměř veškerých částic jiných než uhlíkových. Takto vytvořené uhlíkové vlákno vynikajících fyzikálně-mechanických vlastností lze dále grafitovat, čímž je zvýšen obsah uhlíkatých částic na minimální hodnotu 99 % a upraveno vnitřní uspořádání. Posledním technologickým procesem může být úprava povrchu těchto vláken pomocí vnesení kyslíkatých atomů do jeho povrchu, čímž je zajištěno zvýšení míry přilnavosti k dalším látkám [17][18].

Tyto vlákna poté dosahují výborných fyzikálně-mechanických vlastností jako je zejména vysoká pevnost v tahu za ohybu, značný modulu pružnosti, odolnost extrémně vysokým i nízkým teplotám, či nulová plastická deformace. Mezi další vlastnosti, díky kterým jsou tyto vlákna zajímavá, se řadí jejich odolnost vůči kyselinám, zásadám i rozpouštědlům, déle pak jejich nehořlavost, odolnost proti únavě a biologická nezávadnost. Použití těchto vláken přináší zlepšení zejména v oblasti zvýšení pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu ohybem, zvýšení míry houževnatosti a nepropustnosti, odolnosti proti obrušování a dalších fyzikálně-mechanických vlastností. Tyto vlákna jsou však v porovnání s ostatními typy rozptýlené výztuže finančně značně náročná a proto nejsou zatím ve stavební průmyslové oblasti využívána [17][18][19].

3.3.2.3 CELULÓZOVÁ VLÁKNA

Tato rozptýlená výztuž je založena na přírodní bázi a je vyráběna pomocí technologie chemicky-fyzikálního syntetizování vláken z různých druhů rostlin. Tyto vlákna jsou následně zpracovávána speciální technologií v malé čtvercové 2D segmenty, které umožňují snadné skladování, přepravu i dávkování celulózových vláken. Tyto segmenty po kontaktu s vodou a lopatkami mísícího zařízení disociují na jednotlivá monofilní vlákna, jenž jsou rozmíšena do celé struktury čerstvého betonu, čímž jsou zlepšovány určité fyzikálně-mechanické vlastnosti finálního kompozitu. Mezi charakteristické vlastnosti kompozitu, jenž jsou ovlivněny

celulózovými vlákny, se řadí zejména vysoká míra adheze čerstvého betonu obsahující tyto vlákna k podkladu, vysoký modul pružnosti, přírodní hydrofilita a vysoká pevnost. Při použití této rozptýlené výztuže nedochází k odchylkám při dopravě, zpracování ani tvrdnutí v porovnání s běžným betonem. Jelikož však tyto vlákna absorbují během míchání část záměsové vody do své struktury, je nutné provést korekci množství vody, jenž je do čerstvého betonu aplikována. Celulózové vlákna mají schopnost tuto naakumulovanou vodu poté postupně uvolňovat do struktury betonu při jeho tvrdnutí a dochází tak k určitému samoošetřovacímu jevu, čímž je docíleno omezení vzniku trhlin v počáteční fázi tvrdnutí. Mezi další vlastnosti, které jsou přídavkem těchto vláken zlepšovány, se řadí zejména zvýšení odolnosti proti cyklickému zmrazování, zvýšení nepropustnosti, či zlepšení lomové houževnatosti ztvrdlého betonu. Tyto vlákna jsou využívána zejména při výstavbě vodních děl, jako jsou přehrady, přístavy, akvadukty, vodovody a kanály. Dále se tato rozptýlená výztuž využívá pro odvětví dopravního stavitelství v oblasti výstavby vysokorychlostní železniční dráhy, silnic, mostů a dalších. V současné době probíhají také výzkumy týkající se využití mikrocelulózových a nanocelulózových vláken v oblasti betonového stavitelství. V případě uspokojujících výsledků výzkumů, by využití těchto vláken na celulózovém základu umožnilo plošnou aplikaci nanotechnologie za zlomkové ceny [14][15][16].



Obr. 6: Celulózové vlákno zpracované ve formě 2D bloků [14]

3.3.2.4 POLYPROPYLENOVÁ VLÁKNA

Jako rozptýlenou výztuž do betonu lze také využívat nízkomodulární polymerní vlákna. Polypropylenová rozptýlená výztuž je velmi jemná, krátká, nekorozivní a nemagnetická. Výztuž na tomto principu je také chemicky netečná, alkalivzdorná, neovlivňující hydratační pochody při tuhnutí a na trhu jich existuje několik druhů [1]. Základním rozdílem mezi těmito

jednotlivými polypropylenovými vlákny je pak způsob jejich výroby a velikost průřezu. Vlákná monofilamentní jsou vyráběna sekáním nekonečného, kruhového provazce zcela čistého a nového (nikoliv recyklovaného) polypropylenu na požadovanou velikost a jejich průřez je výrazně menší. Monofilamentní vlákna jsou velice jemná a svým vzhledem připomínající ovčí srst. Dalším typem jsou vlákna fibrilované. Tyto vlákna jsou vyráběné rozvláknováním fólie a následným dělením jednotlivých rozvlákněných pramenů na požadovanou délku. Jejich průřez dosahuje větších hodnot a ve stejné hmotnostní dávce je tedy těchto vláken výrazně méně. Tyto vlákna mají ostrohranný průřez a zdrsňený povrch, jenž je získáván danou technologií výroby a není tak vytvářen záměrně. Tento zdrsňený povrch má pozitivní vliv na adhezi vláken ke ztvrdlému cementovému kamenu a je tak zajištěna vyšší pevnost matrice [1][2]. Oba základní druhy polypropylenových vláken jsou zpravidla opatřeny lubrikací, díky kteréž je dosaženo kvalitního a snadného rozdělení jednotlivých vláken do třídímenzionální struktury. I v případě zdrsňeného povrchu fibrilovaných vláken je adheze polypropylenových vláken ke struktuře ztvrdlého betonu řádově nižší, nežli je tomu u vláken ocelových. K vyčerpání únosnosti tak dochází nejčastěji jejich vytržením z betonové matrice.

Při použití těchto vláken lze omezit některé vady vznikající při tuhnutí a tvrdnutí betonu. Lze předejít zejména vzniku mikrotrhlin v důsledku plastických, smršťovacích pochodů v rané fázi tuhnutí betonu. Při tomto procesu dokáží tyto vlákna dostatečně přenášet tahová napětí vznikajících od působení vnitřních sil a tím zamezí vzniku nechtěných smršťovacích trhlin [1][2]. Obsahuje-li čerstvý beton ve své struktuře tyto vlákna je také podporována odolnost vůči odměšování kameniva a částečně se také zamezuje takzvanému krvácení betonu, tedy samovolnému uvolňování vody. Další výhodou použití těchto vláken je také zvýšení přídržnosti čerstvého betonu k podkladu, čímž je zajištěno lepší spolupůsobení a zlepšení modulu pružnosti [2].

Polypropylenová vlákna se využívají zejména jako přísada do betonu a potěrů pro výrobu mostovek a dalších plošných konstrukcí, kde může docházet k ovanutí povrchu plochy. Jsou dodávána v rozpustných baleních, nejčastěji po 0,6 a 1 kg. Tyto dávky obvykle postačují k splnění požadavků na zamezení vzniku smršťovacích trhlin z důvodu rychlého odpaření vody z povrchu. Po přidání polypropylenových vláken do čerstvého betonu jsou tyto vlákna v průběhu zhruba pěti minut zcela rozmísena. Je třeba počítat s korekcí dávky v důsledku akumulace vláknitých shluků na lopatkách a hřídeli mísícího zařízení [1][2].

V poslední době je také využíváno systému jemných monofilamentních vláken v kombinaci s dlouhými vlákny fibrilovaného charakteru. Výsledkem této kombinace vznikají

vyztužující provazce dosahující obdobných vlastností jako samotná vlákna. Tyto provazce se používají zejména pro velice zatěžované aplikace betonu. Jejich dávkování se pohybuje v rozmezí 0,3 - 2,0 hmotnostního procenta a při jejich aplikaci se musí počítat s jistými ztrátami, kdy se některé provazce namotají na mísící lopatky. Tyto ztráty musí být kompenzovány [1].



Obr. 7: Vlákna monofilamentní [1]



Obr. 8: Vlákna fibrilovan [1]

3.3.2.5 SKLENĚNÁ VLÁKNA

Pro zvyšování fyzikálně-mechanických vlastností betonů se také používá rozptýlená výztuž ve formě velice jemných, krátkých, skleněných vláken, s vysokým modulem pružnosti, jenž jsou po rozmíchání v čerstvém betonu třídimenzionálně rozmístěny. Tyto vlákna jsou vyráběna technologií sekáním skleněných pramenů, které jsou opatřeny alkalivzdornou ochranou. Jejich povrch bývá obvykle také opatřen otěruvzdornou úpravou a na trhu jich existuje celé množství. Skleněná vlákna jsou svým vzhledem podobná vláknům polypropylenovým, liší se však jejich pevnost v tahu, která je u skleněných vláken mnohonásobně vyšší a dosahuje hodnot podobných oceli [1].

Použitím těchto vláken se zamezuje vzniku smršťovacích mikrotrhlin v počáteční fázi tuhnutí a tvrdnutí betonu. Mírně také přispívají ke zvýšení pevnosti v tahu a v případě použití rohoží dochází navíc k mírně zvýšené pevnosti ve smyku a pevnosti v tahu za ohybu [1][2].

Skleněná vlákna nachází využití zejména při výrobě průmyslových podlah, samonivelačních podlahových stěrek, letišť, pozemních komunikacích, či hřišť. Přídavkem těchto vláken je docíleno zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností ztvrdlého betonu při současném zachování vhodné zpracovatelnosti. V tomto případě je nutné dávkovat vlákna do čerstvého betonu v autodomíchavači až několik minut před provedením vlastním betonáže. V případě brzkého zamísení do čerstvého betonu dochází k jejich akumulaci kolem lopatek

míchacího zařízení. Jednotlivá vlákna jsou opatřena lubrikací, díky čemuž je lze snad rozmístit do čerstvého betonu a je zamezeno vzniku aglomerovaných spletců. Uplatnění nacházejí při výrobě prostorových dílců, u kterých je požadována zvýšená odolnost proti agresivním vlivům [1].

Při používání skelné technologie při vyztužování betonu lze také využít skleněných drátků, či výztuže ve formě prefabrikovaných 2D a 3D rohoží. Skleněné drátky jsou obdobné jako skleněná vlákna, rozdíl je pak pouze v průměru jednotlivých kusů a s tím souvisejících vlastnostech. Výztuž tohoto charakteru se využívá zejména při práci se samonivelačními podlahami. V tomto případě se rohož umístí na pevný podklad a po provedení betonáže vytvoří zpevnění u spodního líce ve formě mřížoviny. Použití těchto rohoží zabraňuje v případě vzniku trhlin ve spodní desce jejich prokreslení do podlahy [1].



Obr. 9: Skleněná vlákna [1]



Obr. 10: Skleněné drátky [1]



Obr. 11: Skelná výztuž ve formě rohože [3]

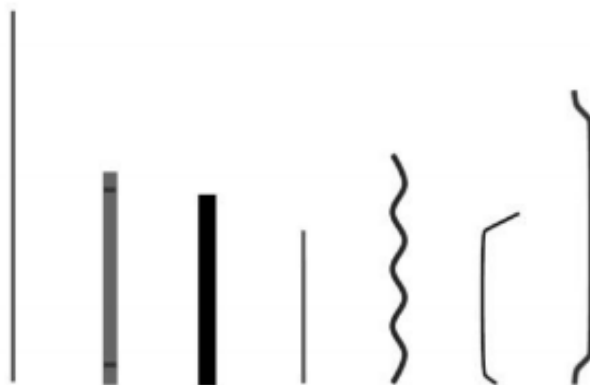
3.3.2.6 OCELOVÉ DRÁTKY

Nejrozšířenější zastoupení v oblasti rozptýlené výztuže zaujímají ocelová vlákna. Použitím těchto ocelových drátků je dosahováno modifikace vlastností jak čerstvého, tak ztvrdlého betonu. Při aplikaci ocelových vláken v betonu vzniká kompozitní materiál, který se chová podobně jako materiály pružno-plastické. Tento materiál se vyznačuje duktilitou, tedy schopností se plasticky přetvářet před dosažením meze pevnosti [2]. V porovnání s běžnými betony je v případě drátkobetonu dále značně ovlivněna konzistence čerstvého betonu po přidání drátků a pevnost v tahu za ohybu a chování po vzniku trhliny ztvrdlého betonu. Zatímco pevnost v tahu za ohybu je zvyšována a beton je schopen přenést určité zatížení i po vzniku makrotrhliny, zpracovatelnost betonu se značně zhoršuje.

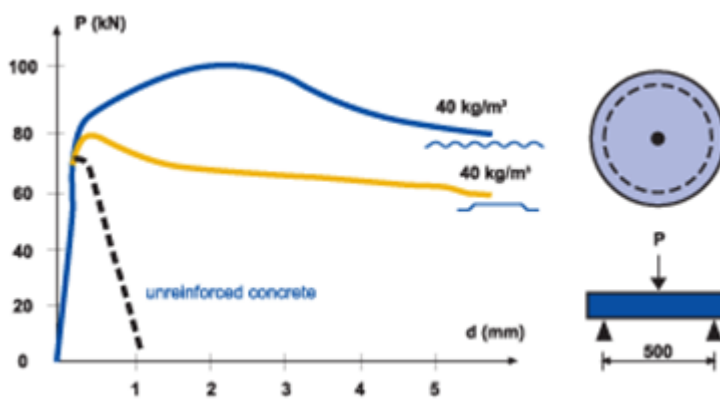
Tato vysokomodulární vlákna jsou vyráběna v několika kategoriích, v závislosti na výrobním procesu. Ocelové drátky se vyrábějí ze za studena tažených drátů, stříháním z plechů, oddělováním z taveniny, protahováním za studena tažených drátů, nebo frézováním z výrobního tělesa. Pro zajištění trvanlivosti mohou být drátky opatřeny zinkovou a antikorozní úpravou. V závislosti na výrobním procesu se mění vlastnosti výrobku, jako je jeho pevnost, povrch, tvar a délka, s čímž je spojena zejména schopnost ukotvení ve struktuře ztvrdlého betonu a další. Jsou však stanoveny minimální požadavky na fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto drátků. Jejich pevnost se obvykle pohybuje v rozmezí 600 - 1200 MPa se jmenovitým průměrem 0,15 - 1,2 mm a délkou od 12 mm [24]. Drátky mohou být dodávány jako jednotlivé kusy, nebo jako větší bloky skládající se z jednotlivých drátků spojených vodou rozplavitelným lepidlem. Tato rozptýlená výztuž je dodávána v různém množství v kartonových krabicích, či na paletách těchto krabic v závislosti na výrobci a potřebném množství.

Značný vliv na vlastnosti čerstvého i ztvrdlého betonu mají pak zejména délka, tvarování, povrchová úprava a průřez drátků. Konzistence a zpracovatelnost betonu je značně závislá na délce použitého vlákna. S rostoucí délkou dochází ke zhoršení zpracovatelnosti a čerstvý beton s vlákny delšími než 100 mm se již velmi obtížně homogenizuje. Rovněž se zvyšujícím se průřezem dochází ke zhoršení zpracovatelnosti. Zpracovatelnost je také negativně ovlivněna při použití ocelových drátků velmi malého průřezu, kdy vlivem velkého měrného povrchu rozptýlené výztuže odebírají část záměsové vody. Velikost drátků se má navrhopat s ohledem na hrubou frakci a maximální použité zrna kameniva. Délka drátků má být trojnásobek velikosti maximálního zrna, čímž se přispívá k zajištění dostatečné soudržnosti s cementovou matricí [24]. Ukotvení drátků ve struktuře ztvrdlého betonu má vliv především na zvýšení pevnosti v tahu za ohybu a celkově na chování betonu během zatěžování.

Mechanické upevnění je zajišťováno zejména tvarem a povrchovou úpravou výrobku a má přímý vliv na finální vlastnosti. Pro dostatečné zajištění ukotvení a tedy spolupůsobení těchto drátků ve struktuře ztvrdlého betonu jsou ocelové drátky vyráběny s různě zahnutými konci, zvlněné, zdrsněné a jinak vhodně upravené.



Obr. 12: Příklady tvarování ocelových drátků [4]



Obr. 13: Závislost průběhu pracovních diagramů na tvaru vláken [25]

Drátkobetony nacházejí v průmyslovém využití široké uplatnění. Nejčastěji je využíván pro betonové průmyslové podlahové konstrukce, průmyslové komunikace náročné na obrus, pro omezení obsahu tyčové výztuže ve velmi vyztužených konstrukcích, při použití technologie stříkaného betonu, v procesu prefabrikované výroby a dalších. Ocelové drátky mají vliv na omezení vzniku raných trhlin při vysychání betonu a omezení objemových změn a smrštění. Důsledkem absence trhlin je dosahováno zlepšení odolnosti proti agresivnímu okolnímu prostředí a negativním vlivům. S tímto je spojeno zlepšení mrazuvzdornosti, odolnosti proti průniku vody a tím celkové trvanlivosti a životnosti konstrukce, či prvku.

Při použití ocelových drátků je nutné dbát jejich správnému dávkování při mísení směsi. Při nesprávném procesu dávkování, kdy drátky nejsou dákovány postupně, mohou vznikat drátkové spletnce. Proto je vhodné používat pro konstantní postupné dávkování drátků automatických dávkovacích rozdružovačů. Drátkové spletnce mohou také vznikat při příliš dlouhém míchání, proto je vhodné optimalizovat čas míchání pro jednotlivé složení. Minimální dávka ocelových drátků pro jisté zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností musí být alespoň 0,7 - 1 hmotnostní procento, obvykle se však dávka pohybuje v rozmezí 1 - 2 hmotnostního procenta. Problematika využívání této rozptýlené výztuže je podrobně rozebrána v kapitole 3.4 Používání rozptýlené výztuže.

3.3.2.7 SUMARIZACE VLASTNOSTÍ ROZPTÝLENÉ VÝZTUŽE

Vlastnosti jednotlivých druhů rozptýlené výztuže jsou závislé zejména na vstupním materiálu, výrobním procesu a finálních úpravách. Takto jsou vyráběny různé druhy rozptýlené výztuže, které jsou vhodné pro různé účely. Vhodně použitá rozptýlená výztuž může ovlivnit vznik trhlin v rané fázi tvrdnutí betonu, jeho ohybové pevnosti, reziduální pevnost a únosnost, houževnatost, modul pružnosti a další. Souhrn vlastností znázorněný níže je uveden jen pro ekonomicky dostupnou a komerčně využívanou rozptýlenou výztuž [1][2][32].

Tab. 4: Souhrn vlastností rozptýlené výztuže

Výztuž Vlastnost	Celulóza	Polymerní	Skelná	Ocel
Pevnost v tahu [MPa]	100 - 1000	500 - 700	3550	300 - 2600
Modul pružnosti [GPa]	8 - 10	3 - 13	70 - 75	210
Délka [mm]	1 - 5	3 - 12	6 - 25	12 - 80
Průměr vlákna [mm]	0,02 - 4,5	0,015 - 1,0	0,009 - 0,015	0,15 - 1,0
Měrná hmotnost [kg/m ³]	500 - 600	900	2500 - 2800	7840
Množství v 1 kg [ks]	1,5 mil - 1,6 mld	300 mil	220 mil	4000 - 15000
Přetvoření [%]	/	6,0 - 15,0	3,6 - 4,8	0,5 - 3,5

3.4 POUŽÍVÁNÍ ROZPTÝLENÉ VÝZTUŽE A KONTROLA JAKOSTI

Využívání technologie betonu s obsahem rozptýlené výztuže je v současné době na velkém rozmachu. Tato technologie přináší zjednodušení a tedy i zefektivnění výrobních procesů u vhodných prefabrikovaných dílců, při realizaci náročných stavebních děl ale i designových subtilních betonových konstrukcí. Při aplikaci vhodné rozptýlené výztuže dochází ke zlepšení některých fyzikálně-mechanických vlastností, což má za následek zvýšení

celkové životnosti a trvanlivosti těchto konstrukcí. Výrazné rozšíření této technologie však vynucuje přítomnost odborného dozoru jak při návrhu a výrobě drátkobetonu, tak při vlastním ukládáním, zpracováním a následném ošetřování betonu. Pro výrobu drátkobetonu konstantních vlastností je nezbytné sledovat jednotlivé výrobní úseky, průběžně vyhodnocovat dosažené hodnoty a reagovat na nastalé komplikace změnou dávkování jednotlivých vstupních složek, nebo dalšími dostupnými technologickými zákroky.

3.4.1 OBSAH A DÁVKOVÁNÍ

Již při samotném návrhu složení betonu, volbě druhu a typu drátků a jejich vzájemném poměru je třeba myslet na vzájemnou interakci rozptýlené výztuže a kameniva, zejména pak hrubé frakce. Tímto je myšlena zejména skutečnost, že ze skladebného pohledu nevhodný, podlouhlý tvar drátků brání vhodnému uspořádávání zrn kameniva při zpracování čerstvého betonu a omezuje tak homogenitu betonu ztvrdlého. Proto je nutné zajistit optimální obsah těchto vláken vzhledem k celkovému složení, ideální způsob dávkování, dobu a průběh míchání a další faktory, pro zajištění optimálního výsledného chování a vlastností čerstvého a zejména ztvrdlého betonu. Nutností pro správnou tvorbu struktury a homogenitu výsledného kompozitu je vhodný postup dávkování ocelových drátků. Dávkování musí být prováděno postupně a rovnoměrně tak, aby nedocházelo k tvorbě drátkových spletců. Pro zajištění rovnoměrné aplikace je vhodné používat automatických rozdružovačů drátků nebo pneumatický dávkovač. Polohu jednotlivých drátků a tedy míru účinnosti však nedokážeme ovlivnit a jejich rozmístění je náhodné. S rostoucím počtem drátků však roste pravděpodobnost, že větší počet drátků bude umístěn ve vhodném směru, tedy kolmo k působícímu zatížení. Drátky mohou být do čerstvého betonu přidávány již v mísícím centru betonárny, či přímo na místě stavby vyspáním do autodomíchávače, vždy však jako poslední složka [27]. Při použití ocelových drátků je vhodné spolu s předepsaným množstvím dávkovat jisté množství drátků navíc. Tento přídavek kompenzuje obsahové ztráty drátků, jenž se akumulovali na mísících lopatkách, hřídeli homogenizačního zařízení a jinde na konstrukci mísícího stroje. Velikost této dávky by neměla překročit 5 % z původního množství vláken, jinak může dojít k nadměrnému a nenavrženému zvýšení obsahu této rozptýlené výztuže a ovlivnění zpracovatelnosti čerstvého betonu. Aplikace těchto vláken má výrazný vliv na konzistenci čerstvého betonu a je nutné brát v potaz fakt, že použitím ocelových drátků může dojít k poklesu hodnoty sednutí kužele až o 150 mm.



Obr. 14: Drátkové spletnice způsobené nevhodným postupem dávkování nebo mícháním [foto: J. Šafrata]

Dávkování ocelových drátků je optimální zhruba v rozmezí 0,8 až 2 hmotnostních procent z celkové hmotnosti metru krychlového betonu, tedy zhruba 25 - 50 kg/ m³ . Při dávce nižší než je 0,5 % nejsou výsledné fyzikálně-mechanické vlastnosti téměř modifikovány a homogenita a rozmístění drátků jsou nevyhovující. Naopak při dávce vyšší než 2 % dochází již k obtížím s ohledem na mísení, dopravu a ukládání čerstvého betonu. Při vyšších dávkách ocelových drátků je však možno dosáhnout maximálního možného potenciálu fyzikálně-mechanických vlastností tohoto kompozitu. Ocelové drátky musí mít takovou ohybovou pevnost, aby během míchání nedocházelo k jejich ohýbání a jiné deformaci.

3.4.2 MÍCHÁNÍ

Mísicí zařízení, postup a doba míchání zásadně ovlivňují vlastnosti čerstvého betonu. Se vzrůstajícím obsahem vláken dochází ke zhoršení zpracovatelnosti a omezení míry homogenity. Zpracovatelnost je možno upravit vhodnými superplastifikačními přísadami a řádné rozmísení všech složek je zajištěno delší dobou míchání. Při příliš dlouhé době míchání a vysokém obsahu drátků však dochází během mísicího procesu k implementaci nadměrného množství vzduchu, což má negativní následky na finální vlastnosti ztvrdlého betonu. Tento jev je často označován jako našlehání, či nakypření čerstvého betonu. Tomuto nežádoucímu procesu je možno zabránit použitím odpěňovacích přísad nebo snížením rychlosti otáčení

mísícího zařízení [4]. Během mísícího procesu jsou nejprve nadávkovány a promíchány všechny sytké hmoty, následně je přidán příslušné množství záměsové vody a plastifikační přísada a nakonec jsou dávkovány ocelové drátky. Drátky se nejčastěji dávkuje již v betonárně, lze je však do směsi přidat a rozmíchat až na místě zpracování, pomocí autodomíchávače.

Proces míchání má také významný vliv na vlastnosti ztvrdlého betonu. Zásadně jsou ovlivňovány jednak finální vlastnosti drátkobetonu jako homogenita, rozložení drátků v jeho struktuře a duktilita, ale také jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti. Pro dosažení nejlepších možných finálních vlastností je nezbytná dokonalá homogenizace jednotlivých složek, především řádné rozdělení ocelových drátků. Při dokonalé homogenizaci vzniká stejnorodá struktura ztvrdlého betonu a jeho vlastnosti dosahují víceméně konstantních vlastností v celém prvku. Jako nejvhodnější se ukázaly mísící zařízení s nuceným oběhem a lopatkovým systémem. Jak bylo uvedeno výše, vysoké otáčky mísícího zařízení a velký obsah vláken vnášejí do čerstvého betonu vzduch, který poté zůstane ve struktuře ztvrdlého betonu ve formě kulových vzduchových pórů. Tento nadměrný obsah vzduchu způsobuje snižování finálních pevností, ale napomáhá ke zvýšení odolnosti proti zmrazování. Řádným rozmícháním a rozložením drátků je také omezen křehký charakter prostého betonu bez rozptýlené výztuže.

3.4.3 DOPRAVA A UKLÁDÁNÍ

Drátkobeton je možno využít jak v oblasti prefabrikované výroby a stříkaného betonu, tak také využitím přímo na staveništi ukládáním do připraveného bednění. Způsob přepravy a ukládání se v každém jednotlivém případě liší a zvolit vhodně tyto parametry je klíčové pro dosažení požadovaných finálních vlastností ztvrdlého betonu. Klíčovou vlastností pro jednotlivé technologie využití je konzistence čerstvého betonu a tedy jeho zpracovatelnost. V případě využití drátkobetonu pro strojně stříkanou technologii je možné aplikovat suchý i mokrý způsob výroby. V obou případech je nejprve vstupní směs dopravena na staveniště vhodným způsobem. Následně je směs vháněna čerpadlem do stříkacího zařízení, kde je přidávána přísada urychlující tuhnutí, případně voda. Při využití stříkaného drátkobetonu je možné zcela nahradit rozptýlenou výztuží klasickou betonářskou výztuž. Je však nezbytné využívat beton s kvalitně navrženou recepturou pro zajištění správné aplikace a minimální množství odpadů, spolu s dosažením požadovaných výsledných parametrů. Při využití drátkobetonu v oblasti prefabrikované výroby je čerstvý drátkobeton vyroben dle požadovaných vlastností a známých receptur v mísícím centru. Odtud je čerstvý drátkobeton dopraven běžnými interními způsoby dopravy, jako jsou například závěsné bádíe, či vozíky

a uložen do připravených forem. Čerstvý drátkobeton je v daných formách zhutňován příložnými vibračními deskami (ze spodu nebo z boku), ponornými vibrátory, nebo je vibrován skrze povrch vibračními hladítky, hrazdami, případně dalšími vhodnými metodami. Volba způsobu hutnění je závislá na druhu formy, použité receptuře a celkovém technologickém uzpůsobení výroby. Nejrozšířenějším způsobem využití technologie drátkobetonu je jeho zpracování přímo na místě staveniště při monolitické výstavbě. V tomto případě je čerstvý beton dopraven na místo stavby nákladními autodomíchávači a ocelové drátky jsou aplikovány přímo do autodomíchávače až na samotném místě stavby před započetím čerpání, či jiném způsobu dopravy betonu na místo uložení. Po uložení čerstvého drátkobetonu do připraveného bednění se nejčastěji používá technologie zhutnění pomocí vibračních a nivelačních hrazd a další strojní způsoby zpracování. Při nižším stupni konzistence se nedoporučuje používat ponorných vibrátorů z toho důvodu, že při vibrování dochází k separaci a oddálení hrubé frakce kameniva a rozptýlené výztuže směrem od místa vibrování. V tomto místě poté vzniká nehomogenita a struktura je zde tvořena pouze z jemné frakce plniva a cementového tmele [27]. Zvláštním přístupem je postup při použití technologie SIFCON. Při této technologii je ukládán čerstvý jemnozrný beton do formy, v níž je uložena velká dávka ocelových drátků (až 700 kg/m³). Při ukládání čerstvého drátkobetonu je nutné sledovat několik základních faktorů, které mohou vypovídat o kvalitě použitého betonu a jeho finálních vlastnostech, případně problému, které mohou nastat v průběhu jeho tvrdnutí a dalšího používání v průběhu času. Mezi tyto důležité faktory se řadí tvorba shluků ocelových a jiných vláken, segregace hrubé frakce kameniva, krvácení betonu, neboli vylučování vody na povrchu a další.

3.4.4 KONTROLA

Pro zjištění a sledování vlastností čerstvého betonu je využívána řada zkoušek dle příslušných norem a předpisů. Sledováním vlastností čerstvého betonu lze do jisté míry předvídat vlastnosti betonu ztvrdlého. Při dodržení předepsaných vlastností čerstvého betonu lze pak očekávat dosažení požadovaných fyzikálně-mechanických vlastností ztvrdlého betonu. Nejdůležitější vlastnosti, jenž jsou sledovány u čerstvého betonu je jeho konzistence, obsah vzduchu a rovnoměrnost rozmísení rozptýlené výztuže, a tedy jeho celková homogenita. Konzistence a tedy zpracovatelnost čerstvého betonu je nejčastěji zjišťována zkouškou sednutí kužele a rozlitím. Druh zkoušky je volen na základě konzistence a je prováděna dle příslušné prováděcí normy. Touto zkouškou je sledováno, zda byla dodržena požadovaná receptura a nedošlo například k dávkování nadměrného množství vody pro usnadnění

zpracování. Při této zkoušce lze také sledovat, zda nedochází například k odlučování vody. Sledování obsahu vzduchu, i v případě, že se nejedná o záměrně provzdušňovaný beton, je také důležitým krokem. Vzduch může být vnesen do čerstvého betonu během míchání nebo dopravy. Nadměrný obsah vzduchu v čerstvém betonu má negativní vliv na finální pevnosti ztvrdlého betonu, zvyšuje však jeho odolnost proti působení mrazu. Zvýšený požadavek na finální ohybové pevnosti kompozitu a další vlastnosti vyvoluje nutnost kontroly rozložení ocelových drátků v čerstvém betonu. Toto je možné kontrolovat odběrem a zkoušením čerstvého betonu v průběhu čerpání například dle normy ČSN EN 14721, případně její modifikací. Nejčastěji je odběr prováděn na začátku, uprostřed a na konci čerpání. Při opakovaném odběru vzorků v průběhu ukládání čerstvého betonu a stanovení obsahu drátků je možno usuzovat na rozmísení těchto drátků v celé směsi a celkovou homogenitu betonu. Toto má zásadní vliv na vlastnosti ztvrdlého betonu. Skutečný obsah drátků v čerstvém betonu je nutné znát pro ověření, že navrhované finální vlastnosti ztvrdlého drátkobetonu budou zajištěny navrženým složením čerstvého betonu.

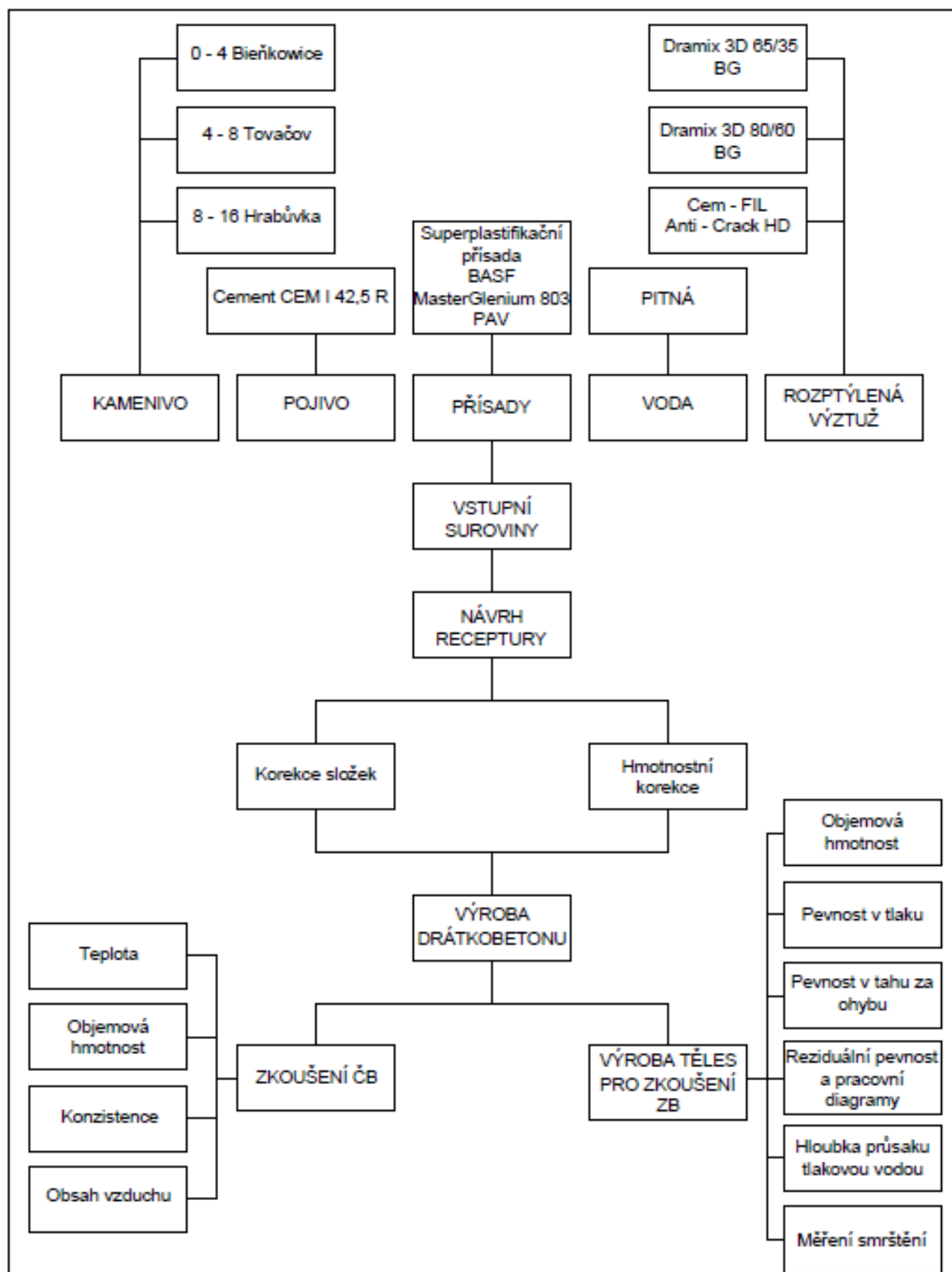
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro zkoumání vlivu různého množství vláken a jejich vzájemné kombinace na vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu a vhodnost jeho použití v oblasti průmyslových podlah byla navržena základní receptura. K této receptuře je poté dávkována rozptýlená výztuž v různé míře a v různé kombinaci, pro zjištění optimální varianty a zajištění nejlepších možných vlastností jak čerstvého, tak ztvrdlého betonu. Toto dávkování a kombinace jsou uvedeny v tabulce 9, v části 4.2 *Návrh složení*. Na beton bylo kladeno několik požadavků, mezi které se řadí pevnostní třída aspoň C40/50 spolu s vysokou pevností v tahu za ohybu, vodní součinitel maximálně 0,42, čerpatelnost a maximální zrno kameniva o velikosti 16 mm.

4.1 METODIKA ŘEŠENÍ

V této kapitole jsou uvedeny veškeré informace týkající se experimentální části a celkový postup prací při jejím zpracování. Postup zpracování praktické části diplomové práce je znázorněn pomocí vývojového diagramu na obrázku 15. Zpracování experimentální části bylo dozorováno a konzultováno s panem Ing. Jiřím Šafratou, Ph. D akademickým pracovníkem a vedoucím akreditované zkušební laboratoře Betotech s.r.o. v Ostravě - Vítkovicích.

Obr. 15: Vývojový diagram pracovního postupu zpracování experimentální části



4.2 NÁVRH SLOŽENÍ

Pro experimentální část diplomové práce bylo navrženo vlastní složení betonu. Plánované využití této receptury je pro průmyslovou betonovou podlahu v servisním hangáru letiště Mošnov. Při stání a pojíždění letadel je vyvoláváno extrémní zatížení skrze podvozky na podlahovou konstrukci. Proto je kladen značný důraz na maximální tahové pevnosti ztvrdlého drátkobetonu a s tím spojený minimální vodní součinitel, se současným zachováním vhodné konzistence pro jeho snadné zpracování čerpáním. Specifické a extrémní nároky na vlastnosti ztvrdlého betonu v tomto případě, vedly k náročnému a experimentálnímu navrhování receptury betonu. Nejprve byl proveden prvotní návrh složení dle příslušných postupů, norem a doporučení.

Tab. 5 : Původní navržené složení betonu

Složka	Návrh složení [kg]	Specifikace	Objemová hmotnost [kg/m ³]
Cement CEM II A-S 42,5 N	400	Mokrá	*3100
DTK 0 - 4	968	Tovačov	2630
HDK 4 - 8	264	Tovačov	2630
HTK 8 - 16	528	Hrabůvka	2650
Voda	186	Pitná	998
Superplastifikační přísada	7,2 (1,8 %)	BASF MasterReobuild 1026	1170

* V tomto případě se jedná o měrnou hmotnost

Toto složení bylo konzultováno a korigováno panem Ing. Jiřím Šafratou, Ph.D. Bylo provedeno zkušební míchání dle této receptury a provedena technologická úprava pro dosažení lepších vlastností čerstvého betonu. Tato upravená receptura je uvedena v tab. 6.

Tab. 6: Modifikace navržené receptury

Složka	Návrh složení [kg]	Specifikace	Objemová hmotnost [kg/m ³]
Cement CEM II A-S 42,5 N	400	Mokrá	*3100
DTK 0 - 4	842	Mankovice	2630
HDK 4 - 8	168	Tovačov	2630
HTK 8 - 16	694	Mankovice	2660
Voda	186	Pitná	998
Superplastifikační přísada	7,2 (1,8 %)	BASF MasterRheobuild 1026	1170
Superplastifikační přísada	2,0 (0,5 %)	MasterGlenium SKY 665	1050
Vodní součinitel	0,49		

* V tomto případě se jedná o měrnou hmotnost

Na této receptuře byly provedeny zkoušky pro ověření vlastností betonu v čerstvém stavu, které nebyly zcela uspokojivé. Proto byla provedena další úprava složení směsi, po které došlo ke zlepšení vlastností čerstvého betonu. Tato receptura je uvedena v tabulce 7.

Tab. 7: Složení upravené receptury

Složka	Návrh složení [kg]	Specifikace	Objemová hmotnost [kg/m ³]
Cement CEM II A-S 42,5 N	400	Mokrá	*3100
DTK 0 - 4	868	Tovačov	2610
HTK 4 - 8	173	Tovačov	2630
HTK 8 - 16	715	Mankovice	2660
Voda	172	Pitná	998
Superplastifikační přísada	7,2 (1,8 %)	BASF MasterRheobuild 1026	1170
Superplastifikační přísada	4,0 (1,0 %)	MasterGlenium SKY 665	1050
Vodní součinitel	0,46		

* V tomto případě se jedná o měrnou hmotnost

Po dosažení zlepšených vlastností betonu v čerstvém stavu bylo přistoupeno k dalším technologickým úpravám, zejména pro snížení vodního součinitele. Tento faktor má významný vliv na finální vlastnosti ztvrdlého betonu, a tedy na celkové zvýšení jeho užitných vlastností. Tyto úpravy spočívaly zejména v použití kameniva a pojiva s menším měrným povrchem, použití vyšší pevnostní třídy cementu a účinnější superplastifikační přísady, jež byla navržena pro použití v odvětví průmyslových podlah. Tato finální receptura je uvedena v následující tabulce. Vlastnosti tohoto čerstvého betonu jsou již vyhovující a tato receptura je použita pro další práce.

Tab. 8: Finální receptura

Složka	Návrh složení [kg]	Specifikace	Objemová hmotnost [kg/m ³]
Cement CEM I 42,5 R	400	Mokrá	*3110
DTK 0 - 4	829	Bieńkowice	2550
HTK 4 - 8	173	Tovačov	2630
HTK 8 - 16	761	Hrabůvka	2650
Voda	172	Pitná	998
Superplastifikační přísada	5,6 (1,4 %)	BASF MasterGlenium 803 PAV	1035
Vodní součinitel	0,41		

* V tomto případě se jedná o měrnou hmotnost

K této finální receptuře bude přidávána rozptýlená výztuž v různém množství a v různé kombinaci. Množství a dávkování jednotlivých vláken a jejich vzájemné kombinace byly voleny tak, aby dosažené výsledky vypovídali o možnosti použití a realizace tohoto poměrně vysokého stupně vyztužení v průmyslové výrobě. Jednotlivé dávkování a kombinace použité rozptýlené výztuže v příslušných, označených recepturách jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 9: Množství rozptýlené výztuže v jednotlivých recepturách

Receptura	Dramix 3D 65/35 BG	Dramix 3D 80/60 BG	Anti-Crack HD
A1	40 kg	0	0
A2	0	40 kg	0
A3	40 kg	0	0,6 kg
A4	0	40 kg	0,6 kg
B1	70 kg	0	0
B2	0	70 kg	0
B3	70 kg	0	0,6 kg
B4	0	70 kg	0,6 kg

Vzhledem ke zjištění získaných během míchání a zpracování čerstvého betonu a k tomu, že z připravených vstupních materiálů zbyly určité rezervy, byla navržena záměs C1 s experimentálním složením, zaměřeným na minimální hodnotu vodního součinitele. Složení této receptury je uvedeno v tabulce níže.

Tab. 10: Experimentální receptura C1

Složka	Návrh složení [kg]	Specifikace	Objemová hmotnost [kg/m ³]
Cement CEM I 42,5 R	400	Mokrá	*3110
DTK 0 - 4	852	Bieńkowice	2550
HTK 4 - 8	178	Tovačov	2630
HTK 8 - 16	783	Hrabůvka	2650
Voda	162	Pitná	998
Superplastifikační přísada	5,6 (1,4 %)	BASF MasterGlenium 803 PAV	1035
Ocelové drátky	70	Dramix 3D 35/65 BG	7840
Skleněné vlákna	0,6	AntiCrack HD 12	2680
Vodní součinitel	0,36		

* V tomto případě se jedná o měrnou hmotnost

4.3 POUŽITÉ MATERIÁLY

Vstupní suroviny pro experimentální část diplomové práce byly voleny s ohledem na splnění požadavků zadání a vhodnost použití pro betonové podlahové systémy. Při výběru surovin bylo také vycházeno z kapacitních a technologických možností spolupracující firmy Betotech s.r.o. Vzájemný poměr jednotlivých surovin byly optimalizován pro vytvoření vyhovující směsi a jednotlivé množství surovin je uvedeno v části 4.2 *Návrh složení*.

- Drobné kamenivo

Jako drobné kamenivo bylo použito přírodní těžené kamenivo s označením Bieńkowice 0/4 od Kamenolomy ČR s.r.o. s frakcí 0 - 4 mm. Toto kamenivo má především menší měrný povrch než srovnatelné varianty, vhodnou zrnitostní křivku a objemovou hmotnost 2550 kg/m³. Toto kamenivo bylo odebráno a skladováno s vlhkostí 3,95 %, což bylo uvažováno při výpočtu návrhu. Další vlastnosti tohoto plniva jsou uvedeny v prohlášení o vlastnostech v kapitole *Přílohy* na straně 103.

- Hrubé kamenivo

Hrubá složka kameniva je složena ze dvou dílčích částí. První část tvořící hrubou frakci plniva ve směsi je přírodní těžené kamenivo s označením Tovačov 4/8 poskytované společností Českomoravský štěrk a.s. s frakcí 4 - 8 mm. Objemová hmotnost této složky je 2630 kg/m^3 . Ostatní parametry tohoto kameniva jsou uvedeny v technickém listu v kapitole *Přílohy* na straně 104.

Druhou složkou hrubé frakce je přírodní drcené kamenivo označované jako Hrabůvka 8/16 společnosti Českomoravský štěrk a.s. s frakcí 8 - 16 mm a objemovou hmotností 2650 kg/m^3 . V příslušném technickém listu v kapitole *Přílohy* na straně 105 jsou uvedeny další vlastnosti tohoto kameniva.

- Pojivo

Jako pojivo v tomto případě je použito portlandského cementu z označením CEM I 42,5 R z výrobního závodu Českomoravský cement a.s. v Mokrém. Tento cement dosahuje po 28 dnech pevnosti v tlaku 61 MPa a pevnosti v tahu za ohybu 9 MPa. Měrný povrch tohoto cementu je 374 m^2 na kg materiálu a během tuhnutí a tvrdnutí průměrně dosáhne hydratačního tepla 310 J/g , které se rychle uvolňuje. Další specifické parametry tohoto pojiva jsou uvedeny v příslušném technickém listu v části *Přílohy* na straně 106.

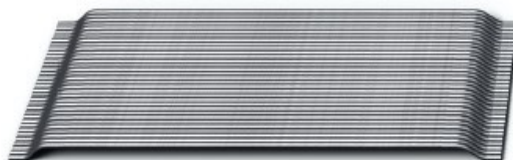
- Rozptýlená výztuž

V experimentální části diplomové práce je použito tří druhů rozptýlené výztuže. První jsou rozplavitelným lepidlem spojené ocelové drátky s označením Dramix 3D 65/35 BG od výrobce Bekaert. Tyto drátky jsou vyráběny v délce 35 mm, s průměrem 0,55 mm a štíhlostním poměrem délky a průměru 65. Pevnost v tahu těchto drátků je $1345 \text{ MPa} \pm 7,5 \%$. Další parametry těchto drátků jsou uvedeny v jeho technickém listu v kapitole *Přílohy* na straně 111.



Obr. 16: Ocelové drátky Dramix 3D 65/35 BG [29]

Další použitou rozptýlenou výztuží jsou lepené ocelové drátky výrobce Bekaert označované jako Dramix 3D 80/60 BG. Účinná délka těchto drátků je 60 mm, jejich průměr je 0,75 mm a štíhlostní poměr 80. V technickém listu uvedeném v kapitole *Přílohy* na straně 110 je uvedena pevnost v tahu za ohybu $1225 \text{ MPa} \pm 7,5 \%$ a další technické parametry.



Obr. 17: Ocelové drátky Dramix 3D 80/60 BG [29]

Poslední rozptýlenou výztuží jsou skleněná vlákna společnosti Cem - FIL s označením Anti-Crack HD. Tyto alkalivzdorná vlákna se vyrábějí v délce 12 mm a s průměrem 14 μm . Tato vlákna, lepená vodou rozplavitelným lepidlem, se dodávají se s pevností v tahu až 3500 MPa a modulem pružnosti 72 Gpa. Další specifické parametry těchto vláken jsou uvedeny v příslušném technickém listu v kapitole *Přílohy* na straně 112.



Obr. 18: Skleněná vlákna Cem - FIL Anti-Crack HD [30]

- Přísady

Pro redukování maximálního množství záměsové vody je použita speciální superplastifikační přísada na bázi chemického působení disperzních polymerů, vyvinuta speciálně pro použití v oblasti průmyslových betonových podlah. Tato superplastifikační přísada MasterGlenium 803 PAV společnosti BASF je velice účinná a umožňuje tak navrhování receptur s extrémně nízkým vodním součinitelem. Doporučené dávkování této přísady je 0,8 - 1,4 % z hmotnosti cementu. Tato přísada s objemovou hmotností 1035 kg/m^3 je žlutavá kapalina, s obsahem chloridů méně než 0,1 %. Tato přísada poskytuje celou řadu výhod jak pro

výrobce, tak i zpracovatele betonové směsi. Tyto výhody a další specifické parametry této superplastifikační přísady jsou uvedeny v technickém listu v kapitole *Přílohy* na straně 108.

- Voda

Jako záměsová voda je použita pitná voda z vodovodního řádů.

4.4 PRACOVNÍ POSTUP

Pracovní postup při míchání čerstvého betonu a jeho následném zpracování byl volen na základě technologických požadavků a pracovních možností a potřeb. Tento postup byl dodržen u všech jednotlivých receptur.

- Nejprve jsou hmotnostně naváženy a připraveny všechny složky
- Do míchačky jsou umístěny všechny frakce kameniva a část záměsové vody a během 15 sekund jsou tyto složky promíchány a stroj je zastaven
- Následně je přidán cement, který je ručně zaházen kamenivem a je spuštěno míchání
- Během 20 sekund jsou postupně aplikovány zbytek záměsové vody a superplastifikační přísada
- Probíhá homogenizace po dobu dvou minut, následně je míchačka zastavena
- Zednickou lžící jsou očištěny lopatky a těleso bubnu míchačky, je nadávkována rozptýlená výztuž a opět je spuštěno míchání
- Po dalších dvou minutách homogenizování je mísící proces ukončen s celkovým míchacím časem 4 minuty a 20 sekund
- Na čerstvém betonu je provedena zkouška sednutí, obsah vzduchu tlakovou metodou, změřena teplota a stanovena objemová hmotnost v čerstvém stavu
- Po provedení zkoušek je použitý betonu vrácen do míchačky a krátce promíchán
- Následuje plnění olejem vymazaných trámčových a krychlových forem ve dvou vrstvách, přičemž je každá dostatečně zhutněna vibrací
- Tělesa jsou provizorně označena a formy jsou přikryty fólií pro zamezení odpařování vody
- Po odformování (min. 24 hod) jsou tělesa permanentně označena a umístěna do vodního uložení do stáří 28 dnů od zamíchání

4.5 ZKUŠEBNÍ VZORKY

Zkušební vzorky pro provedení zkoušek jsou drátkobetonové trámce s rozměry 150 x 150 x 700 mm a krychle s rozměry 150 x 150 x 150 mm. Z každé receptury jsou vyrobeny tři trámcová a tři krychlová tělesa. Pro výrobu těchto vzorků je využito laboratorního míchacího zařízení s nuceným oběhem typu ZYKOS Pemat ZZ75 HE. Trámce jsou vytvořeny uložení čerstvého betonu příslušné receptury do vymazané formy, ve dvou vrstvách a vhodně zhutněny vibrací. Následně jsou formy přikryty fólií, pro zamezení odpařování vody z povrchu a vzniku ranných trhlin při úvodních procesech tuhnutí a tvrdnutí čerstvého betonu. Po odformování jsou vzorky přemístěny do vodního uložení v laboratorním prostředí. Zkoušky na ztvrdlém betonu jsou prováděny ve stáří 28 dnů od jeho výroby.



Obr. 19: Forma pro výrobu trámců a odformované tělesa

4.6 LABORATORNÍ ZKOUŠKY

Pro zjištění ideálního vzájemného poměru drátků i jejich jednotlivého dávkování a docílení optimálních vlastností čerstvého betonu a fyzikálně-mechanických vlastností ztvrdlého betonu, je provedena řada zkoušek. Jednotlivé zkoušky jsou prováděny dle standardních postupů souborů norem ČSN EN 12350 a ČSN EN 12390. Tyto normové postupy jsou doplněny normou ČSN EN P 732451 a ČSN EN P 732452, které se zabývají problematikou vláknobetonu. V případě, že pro zkoumání některé vlastnosti čerstvého betonu není k dispozici česká technická norma, je uveden prováděcí předpis, nebo je alespoň podrobně popsán postup provádění. Jednotlivé použité zkoušky, jejich příslušné prováděcí normy a rozměry vzorků příslušících k jednotlivým zkouškám jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 11: Zkoušení čerstvého betonu

Laboratorní zkouška	Prováděcí norma	Rozměry vzorků
Konzistence - sednutí kužele	ČSN EN 12350 - 2	/
Obsah vzduchu	ČSN EN 12350 - 7	8 l
Objemová hmotnost	ČSN EN 12350 - 6	8 l
Teplota	/	/

Tab. 12: Zkoušení ztvrdlého betonu

Laboratorní zkouška	Prováděcí norma	Rozměry vzorků [mm]	Četnost zkoušek
Objemová hmotnost	ČSN EN 12390 - 7	150 x 150 x 700	3
Pevnost v tlaku	ČSN EN 12390 - 3	zlomky z ohyb. zkoušky	6
Pevnost v tahu za ohybu, reziduální pevnost a pracovní diagramy	ČSN P 732452	150 x 150 x 700	3
Hloubka průsaku tlakovou vodou	ČSN EN 12390 - 8	150 x 150 x 150	3
Měření smrštění	*SOP 01/09	Specifický tvar tělesa	1

*Standardní operační postup pro stanovení smršťování a nabývání betonu

4.7 ZKOUŠENÍ ČERSTVÉHO BETONU

Zkoušky na čerstvém betonu jsou prováděny ihned po ukončení mísicího procesu. Provádění zkoušek na čerstvém drátkobetonu se příliš neliší od postupů při zkoušení betonu běžného. Zkoušení je prováděno dle souboru norem ČSN EN 12350 Zkoušení čerstvého betonu, která je doplňována normou ČSN P 732451 Vláknobeton - zkoušení čerstvého vláknobetonu. V následujícím textu jsou u jednotlivých zkoušek uvedeny příslušné prováděcí předpisy a princip provádění.

4.7.1 KONZISTENCE

Zkouška sednutí kužele je nejčastější prováděnou zkouškou při stanovení konzistence čerstvého transportbetonu, je vhodná pro oblast zpracovatelnosti čerstvého betonu a je prováděna dle normy ČSN EN 12350 Zkoušení čerstvého betonu - část 2: Zkouška sednutím. Podstatou této zkoušky je zjištění základních reologických vlastností a chování čerstvého betonu před jeho zhutněním a ztvrdnutím. Sednutí kužele vyjadřuje pokles tělesa čerstvého betonu oproti původní hodnotě výšky tělesa v kuželu. Mezi další zkoušky, které se používají ke

stanovení konzistence drátkobetonu se řadí zkouška VeBe, případně zkouška rozlití a její modifikace.

4.7.2 OBSAH VZDUCHU

Stanovení obsahu vzduchu obsaženého v čerstvém betonu je prováděno dle ČSN EN 12350 Zkoušení čerstvého betonu - část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody. Podstata zkoušky spočívá ve stanovení neznámého množství vzduchu, jenž je obsažen v čerstvém betonu pomocí uzavřeného vzduchového okruhu. Tento okruh je složen ze známého množství vzduchu o známém tlaku a zjišťováním neznámého množství vzduchu v čerstvém betonu. Pomocí ovládání ventilů zkušební nádoby a jejím vzduchovým tlakováním, je po provedení zkoušky možné odečíst z ručičkového ukazatele procentuální zastoupení vzduchu v čerstvém betonu. Tato hodnota však není zcela vypovídající v porovnání s obsahem účinného vzduchu ve struktuře ztvrdlého betonu. Proto je nutné provést porovnávací zkoušení na shodném čerstvém a ztvrdlém betonu. Po zjištění vzájemné korelace obsahu vzduchu v čerstvém betonu a obsahem účinného vzduchu v ztvrdlém betonu je poté možné provádět kontinuální kontrolu obsahu vzduchu v čerstvém betonu. Kontrolou této vlastnosti lze poté usuzovat na finální množství obsažené vzduchu v ztvrdlém betonu a v případě nutnosti, korigoval mísící složení.

4.7.3 OBJEMOVÁ HMOTNOST

Tato vlastnost je stanovována dle normy ČSN EN 12350 Zkoušení čerstvého betonu - část 6: Objemová hmotnost. Objemová hmotnost čerstvého betonu je důležitou vlastností, pomocí které lze usuzovat na určité finální vlastnosti ztvrdlého betonu. Tento faktor je také důležitý při logistice dopravy, uložení a zpracování čerstvého betonu. Objemová hmotnost čerstvého betonu je stanovována simultánně se stanovením obsahu vzduchu tlakovou metodou. Při tomto postupu je známá hmotnost a objem této nádoby. Známý objem nádoby pro měření obsahu vzduchu je naplněn čerstvým betonem a zhutněn, je změřena celková hmotnost soustavy nádoba - čerstvý beton a stanovena hmotnost samotného čerstvého betonu. Tato vypočtená hodnota je vztažena ke známému objemu nádoby a stanovena objemová hmotnost čerstvého betonu.

4.7.4 TEPLOTA

Pro stanovení teploty čerstvého betonu v době jeho zpracování, tedy uložení a ztuhnutí, lze využít klasický tyčový teploměr. Pro sledování vývoje hydratačního tepla, celkové teploty konstrukce, či teplotního gradientu v průběhu konstrukce lze využít komplexních vícekanálových měřících přístrojů.

4.7.5 DALŠÍ POUŽÍVÁNÉ ZKOUŠKY

Jednou z klíčových zkoušek, jenž je obvykle prováděna a vyhodnocována je opakovaná kontrola obsahu vláken v průběhu ukládání transportbetonu. Stanovení skutečného obsahu drátků v čerstvém betonu je možné provést dle normy ČSN EN 14721: Zkušební metoda betonu s kovovými vlákny popřípadě její modifikací.

Prvním způsobem, kterým je možné měřit obsah a rovnoměrnost rozmísení rozptýlené ocelové výztuže v čerstvém betonu je extrakce drátků pomocí magnetu z měkkého kovu umístěného v průtokovém zařízení - dozometru. Před vlastním proléváním čerstvého betonu je vhodné jej rozplavit vodou pro usnadnění oddělení jednotlivých drátků od cementové kaše, kameniva a případně dalších příměsí. Během prolévání jsou průběžně sbírány drátky z magnetu a odkládány do připravené nádoby. Po ukončení prolévání jsou ocelová vlákna řádně omyta a usušena. Následně je změřena hmotnost získaných drátků a pomocí příslušných výpočtů je stanoven skutečný obsah rozptýlené výztuže v testovaném množství, případně v metru krychlovém, čerstvého betonu. Výsledný obsah drátků se může lišit maximálně o 10 % oproti původnímu návrhu směsi. Není-li tento požadavek splněn, zkouška je provedena znovu a v případě opětovného nevyhovění požadavku je na místě provést vhodné technologické opatření. Při kontrole obsahu drátků při dopravě autodomíchávači je nejčastěji prováděn odběr na počátku, během a na konci čerpání, přičemž každý odběr je proveden v množství 5 až 10 litrů čerstvého drátkobetonu. V případě absence dozometru lze extrakci vláken z čerstvého betonu zajistit jeho rozplavením v připravené nádobě s následným opětovným použitím magnetu [1]. Dalším způsobem, kterým lze zjistit obsah a celkové rozmístění vláken v čerstvém betonu je úplné rozplavení odebraného množství vzorku na sítu s vhodnou velikostí oka. Tato metoda je používána zejména v případě, že v daném drátkobetonu je použito jiných nežli ocelových vláken. Tato metoda je značně pracná a často může být zatížena poměrně velkou chybou, neboť není zajištěna dokonalá extrakce vláken jako v případě použití magnetu.



Obr. 20: Dozometr [31]

Při zpracování čerstvého betonu v případě technologie stínících betonů, kdy je klíčovou vlastností skutečná objemová hmotnost a homogenita ukládaného betonu je nutné provádět rychlé a operativní vyhodnocování objemové hmotnosti ukládané směsi. K tomuto je často používán radiační hutnoměr, jenž je schopen okamžité stanovení potřebné vlastnosti a umožnit tak kontrolovat kvalitu daného betonu.



Obr. 21: Radiační hutnoměr [36]

V závislosti na konzistenci čerstvého betonu lze pro hodnocení daného betonu použít také zkouška rozlitím. Tato zkušební metoda je prováděna dle ČSN EN 12350 - Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím. Tato metoda je využívána pro více viskózní směsi s vysokou tekutostí. Míra rozlití se stanovuje jako průměr koláče, jenž je vytvořen rozlitím čerstvého betonu na normové desce po provedení příslušného postupu, jenž je touto normou stanoven.

4.8 ZKOUŠENÍ ZTVRDLÉHO BETONU

Zkoušky na ztvrdlém betonu jsou prováděny ve stáří 28 dnů. Všechna zkušební tělesa byla po tuto dobu umístěna ve vodním uložení v prostorách laboratoře. Provádění zkoušek na ztvrdlém drátkobetonu se příliš neliší od postupů při zkoušení betonu běžného, s výjimkou zkoušení pevnosti v tahu za ohybu a stanovení reziduální pevnosti. Zkoušení je prováděno dle souboru norem ČSN EN 12390, která je doplněna normou ČSN P 732452. V následujícím textu jsou u jednotlivých zkoušek uvedeny příslušné specifické prováděcí předpisy a princip jejich provádění.

4.8.1 OBJEMOVÁ HMOTNOST ZTVRDLÉHO BETONU

Tato zkušební metoda je prováděna dle normy ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu - část 7: Objemová hmotnost. Tato vlastnost je stanovena na základě geometrických rozměrů zkušebních těles a jejich hmotností.

4.8.2 PEVNOST V TLAKU

Tato zkouška je prováděna dle normy ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu - část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles doplněné normou ČSN P 732452 Vláknobeton - zkoušení ztvrdlého vláknobetonu. Principem této zkoušky je zjištění pevnosti betonu v tlaku na zkušebních vzorcích, jenž jsou představovány fragmenty po zkoušení pevnosti v tahu za ohybu. Tyto fragmenty se zatěžují na čtvercové ploše s příslušnými rozměry. Zkušební vzorek je zatěžován do porušení.

4.8.3 PEVNOST V TAHU ZA OHYBU

Tato zkouška je prováděna dle normy ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu - část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles doplněné normou ČSN P 732452 Vláknobeton - zkoušení ztvrdlého vláknobetonu. Podstatou této zkoušky je zjištění pevnosti betonu v tahu za ohybu na zkušebních vzorcích tvaru trámce s rozměry 150 x 150 x 700 mm. Zkušební vzorek je zatěžován čtyřbodovým ohybem konstantní rychlostí do porušení. Proces zatěžování je zaznamenáván pro následné sestrojení pracovních diagramů.

4.8.4 PRACOVNÍ DIAGRAMY A REZIDUÁLNÍ PEVNOST

Výsledky pro toto zkoušení jsou získávány během provádění zkoušky stanovení pevnosti betonu v tahu za ohybu. Struktura vláknobetonu zajišťuje přenos určitého zbytkového, reziduálního zatížení i po vzniku trhliny, které lze stanovit z grafického záznamu. Toto je způsobeno aktivací rozptýlené výztuže po vzniku makrotrhliny, která působí proti dalšímu šíření této trhliny. Graficky je zaznamenávána závislost průhybu tělesa na působící síle před a po vzniku trhliny a poloha této trhliny v tělese. Při porovnání pracovních diagramů ze zkoušky pevnosti v tahu ohybem prostého betonu a vláknobetonu, je patrný rozdíl zejména v oblasti po vzniku trhliny. Z tohoto diagramu se určí mez vzniku trhliny CLS nebo síla, při které vznikla trhlina $F_{R,cr}$. Vyhodnocením skupiny diagramů vznikají výkonové statické a charakteristické diagramy, na jejichž základech je určena pevnostní třída [4].

4.8.5 HLOUBKA PRŮSAKU TLAKOVOU VODOU

Tato zkouška je prováděna dle normy ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu - část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou. Tato zkouška spočívá ve rozrušení vzorku a stanovení intenzity (hloubka a způsob) s jakou se ve struktuře ztvrdlého betonu šíří voda, která je na povrch zkušebního tělesa přiváděna pod tlakem.

4.8.6 SMRŠTĚNÍ

Zkouška měření smrštění je realizována dle standardního operačního postupu 01/09 Stanovení smršťování a nabývání betonu. Podstatou zkoušky je sledování a vyhodnocení deformací zkušebního tělesa, zejména během jeho počátečních, ale i pokročilých fázích tvrdnutí

betonu v průběhu času. V průběhu počátečního měření je vzorek umístěn v klimatické komoře a automaticky je pořizován záznam o smrštění v čase přístrojem Schleibinger Gerate po dobu 9 dnů. Po ukončení automatického měření je smrštění měřeno manuálně příložným deformetrem, školenou osobou každý pracovní den po dobu 6 týdnů.

4.8.7 DALŠÍ POUŽÍVANÉ ZKOUŠKY

Pro kontrolu jakosti a tedy zjištění fyzikálně-mechanických vlastností výsledného kompozitu je využívána celá řada dalších zkoušek, které poskytují další užitečné informace o jeho chování, či případných nedostatcích v určitých podmínkách.

Podstatnou vypovídající hodnotu mají výsledky ze zkoušek stanovení modulu pružnosti. Při stanovení dynamického modulu pružnosti je možno využít ultrazvukové a rezonanční metody. Při využití ultrazvukové metody jsou do zkušební vzorku vysílány ultrazvukové impulzy, přičemž je měřena rychlost průchodu ultrazvukové vlny skrze daný materiál. Dle příslušných postupů je poté stanoven dynamický modul pružnosti E_{bu} . Při rezonančním stanovení dynamického modulu pružnosti je zkušebnímu tělesu udělen mechanický impuls, který toto těleso rozkmitá. Chování tělesa, tedy jeho kmitání je elektronicky zaznamenáváno a pomocí softwaru je stanoven výsledek. Při stanovení statického modulu pružnosti docházíme k prezentaci deformačních vlastností materiálu při jeho cyklickém zatěžování. Zatěžování probíhá v lineární oblasti pracovního diagramu betonu a to cyklickým nárůstem, výdrží a poklesem v průběhu času. Na základě dosažených výsledků deformací je poté dle příslušných postupů stanoven dynamický modul pružnosti E_c [31].

Další zkouška na ztvrdlém betonu, která je často využívána je stanovení obrusnosti. Podstatou je zjištění míry obrusu zkušebních vzorků vztažené k jejich ploše. Zkouška obrusu probíhá na přístroji s brusným kolem, jenž musí splňovat mnohé kritéria stanové normou ČSN EN 1338. Výsledkem této zkoušky je takzvaná ztráta obrusem, která se určuje po určitém počtu cyklů jako objemová difference dle příslušných vztahů.

Pro zjištění chování daného betonu v externím prostředí při procesu zmrazování a rozmrazování je prováděna zkouška stanovení odolnosti proti cyklickému zmrazování a rozmrazování. Stanovení této vlastnosti je vypovídající o skutečné životnosti materiálu ve venkovních negativních podmínkách. Tato zkouška je prováděna pomocí automatického cyklického zařízení, které zajišťuje pravidelné střídání záporných a kladných hodnot. Během těchto procesů dochází k degradaci a porušení zkušebních těles. Tato degradace je sledována a na základě platných postupů je stanovena odolnost proti cyklickému zmrazování daného

betonu. Pro zjišťování vlastností ztvrdlého betonu lze využít celou řadu dalších zkoušek jako například stanovení pevnosti v příčném tahu, odolnosti proti chemickým rozmrazovacím látkám, 3D rozložení drátků pomocí tomografu a další.

4.9 VÝSLEDKY ZKOUŠENÍ ČERSTVÉHO BETONU

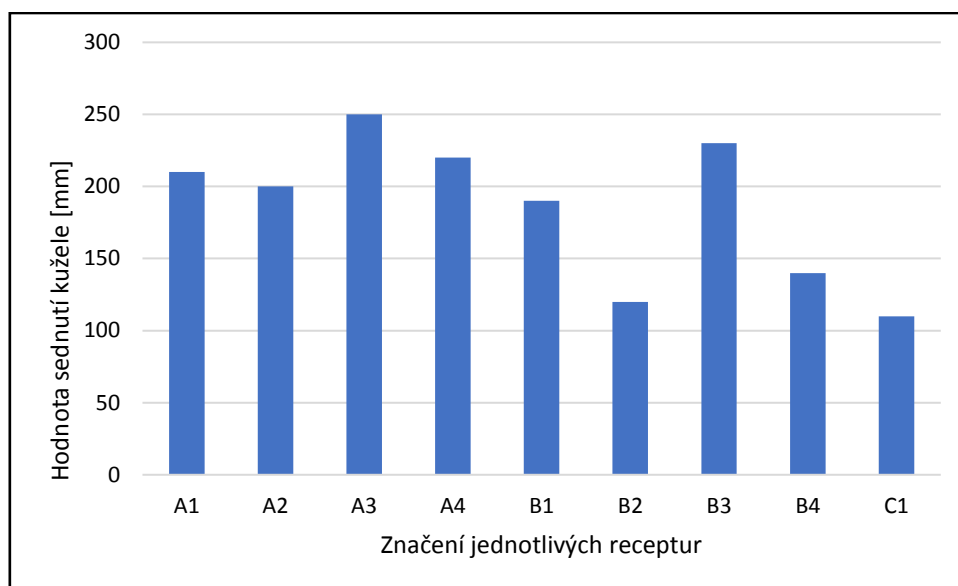
V následující kapitole jsou uvedeny výsledky zkoušek, jenž byly provedeny na čerstvém betonu jednotlivých receptur. Výsledné hodnoty jsou naměřeny, vypočteny dle platných předpisů a norem, jsou vyhodnoceny, uspořádány do tabulek a pro transparentnost jsou graficky znázorněny. Veškeré dosažené dílčí hodnoty jsou uvedeny na konci práci v kapitole *Přílohy*. Dosažené výsledky jsou rozebrány v kapitole 5. *Diskuze výsledků*.

Tab. 13: Seskupení dosažených výsledků prováděných zkoušek na čerstvém betonu

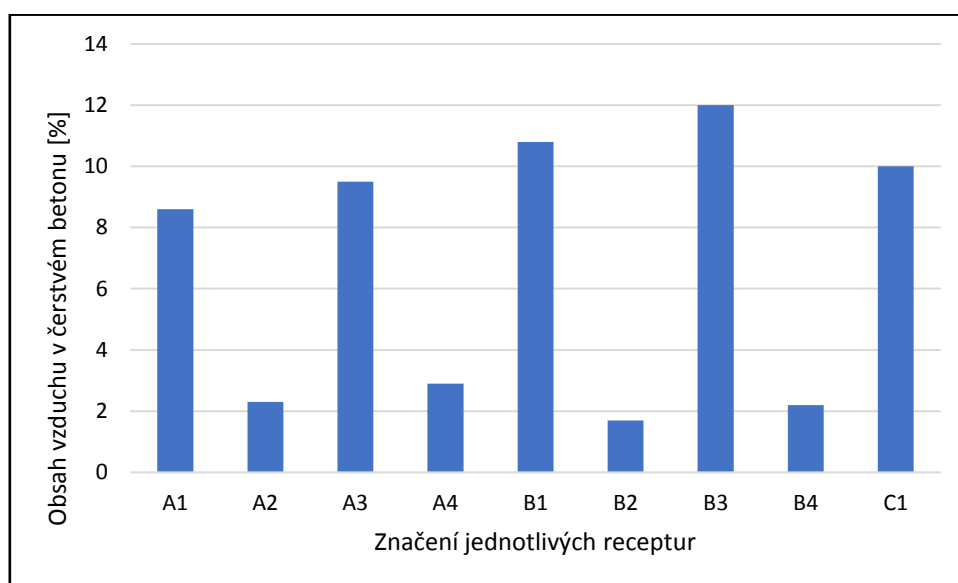
Receptura	Konzistence* [mm]	Obsah vzduchu [%]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Teplota po zamíchání [°C]
A1	210	8,6	2150	21,2
A2	200	2,3	2340	20,3
A3	250 / 590**	9,5	2190	20,1
A4	220	2,9	2340	19,4
B1	190	10,8	2170	20,4
B2	120	1,7	2410	20,3
B3	230 / 520**	12,0	2060	20,1
B4	140	2,2	2410	19,8
C1	110	10,0	2130	21,6

*Konzistence byla stanovena pomocí zkoušky sednutí

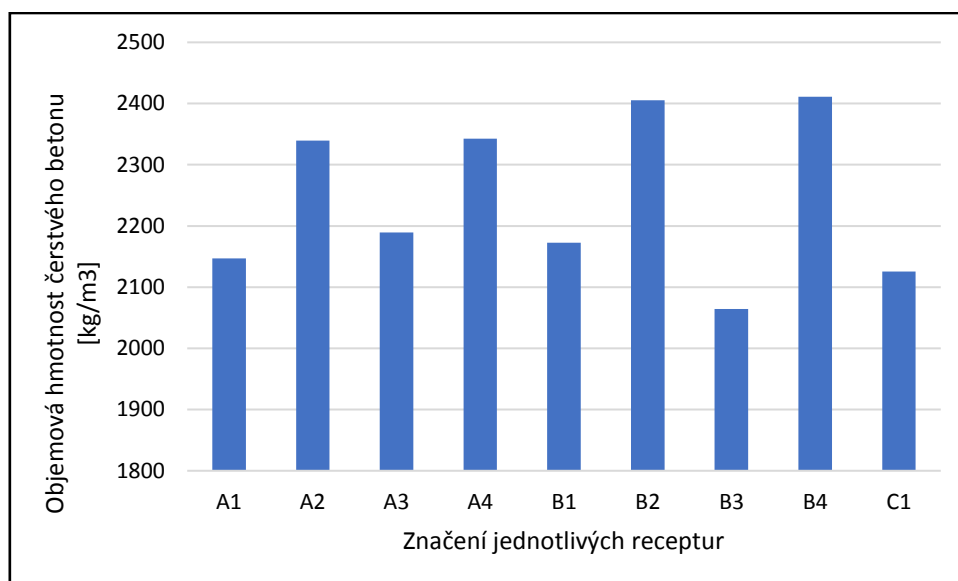
**V závislosti na konzistenci směsi A3 a B3 byla zvolena vhodnější zkouška rozlitím dle ČSN EN 12350 Zkoušení čerstvého betonu - část 5: Zkouška rozlitím



Graf 1: Výsledky ze zkoušky sednutí kužele



Graf 2: Výsledky ze zkoušky stanovení obsahu vzduchu v čerstvém betonu



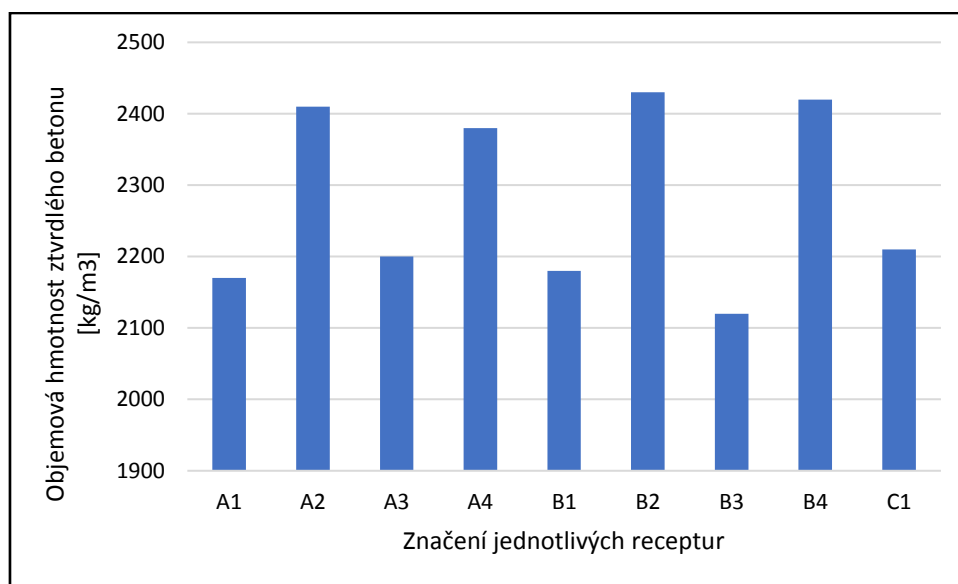
Graf 3: Výsledky stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu

4.10 VÝSLEDKY ZKOUŠENÍ ZTVRDLÉHO BETONU

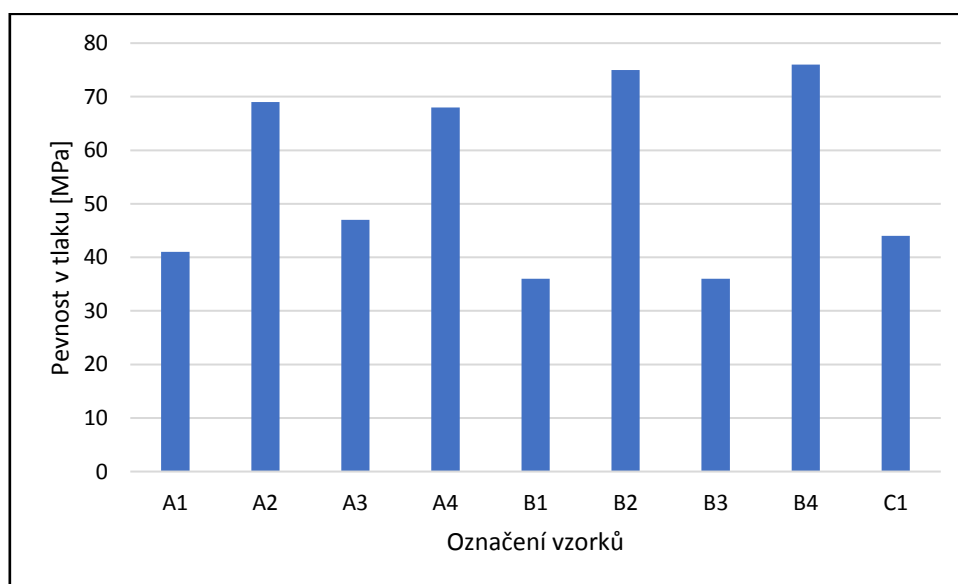
V následující kapitole jsou uvedeny výsledky zkoušek, jenž byly provedeny na jednotlivých recepturách ztvrdlého betonu. Výsledné hodnoty jsou naměřeny, či vypočteny dle platných předpisů a norem, jsou vyhodnoceny, uspořádány do jedné tabulky a pro transparentnost jsou následně graficky znázorněny. Dosažené dílčí hodnoty z průběhu měření jsou uvedeny na konci práce v kapitole *Přílohy*. Dosažené výsledky jsou diskutovány v kapitole 5. *Diskuze výsledků*.

Tab. 14: Seskupení dosažených výsledků prováděných zkoušek na ztvrdlém betonu

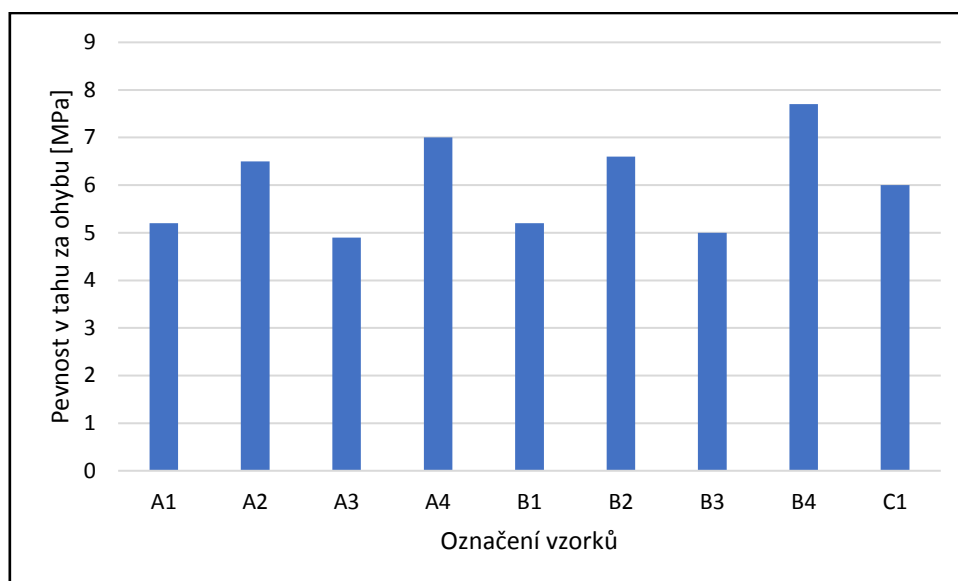
Receptura	Objemová hmotnost [kg/m³]	Hloubka průsaku vody [mm]	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Reziduální pevnost [MPa]
A1	2170	5	41	5,2	2,3
A2	2410	2	69	6,5	4,2
A3	2200	1,5	47	4,9	2,7
A4	2380	2	68	7,0	4,3
B1	2180	3	36	5,2	3,0
B2	2430	2	75	6,6	5,2
B3	2120	1	36	5,0	2,8
B4	2420	3	76	7,7	5,2
C1	2210	3,5	44	6,0	3,3



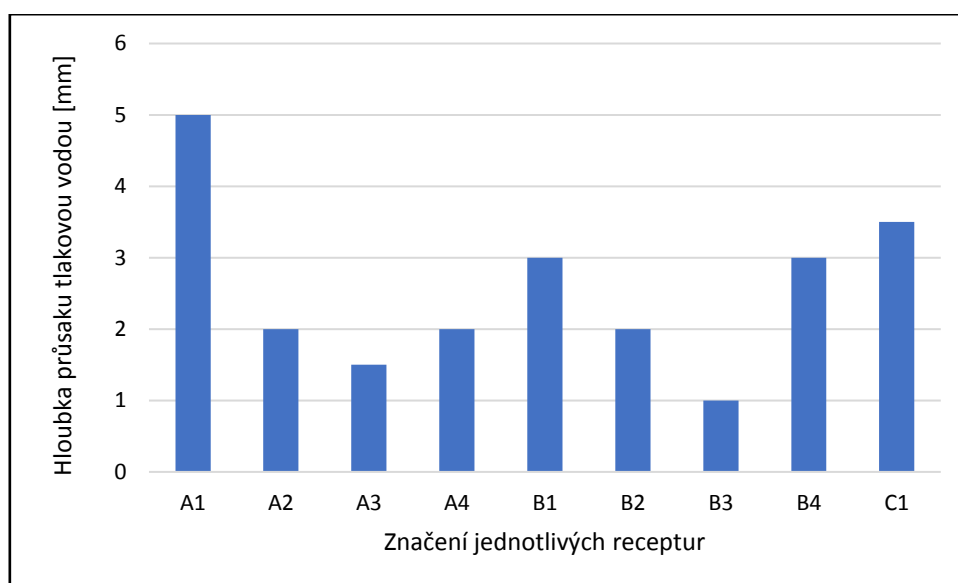
Graf 4: Výsledky stanovení objemové hmotnosti ztvrdlého betonu



Graf 5: Výsledky ze zkoušek stanovení pevnosti betonu v tlaku



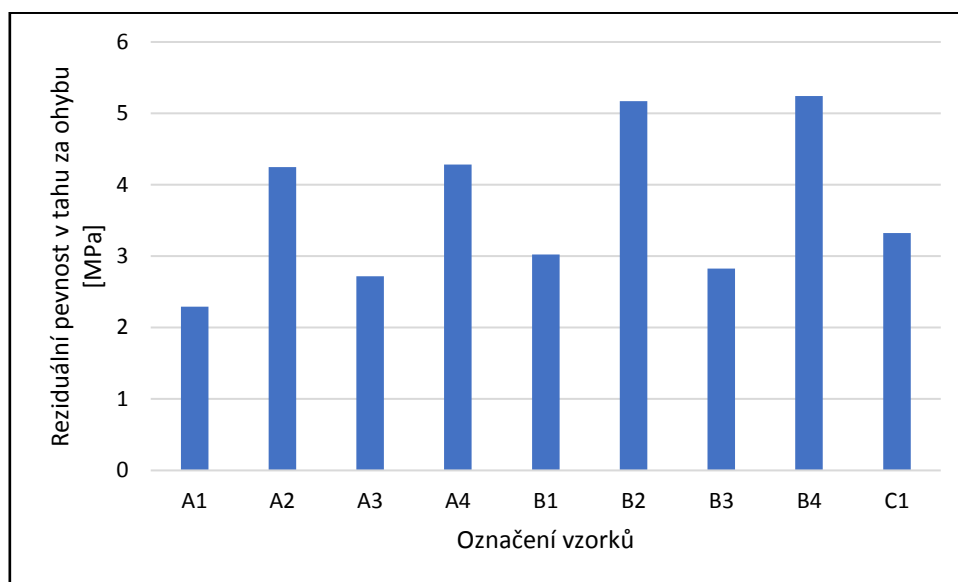
Graf 6: Výsledky ze zkoušení pevnosti v tahu za ohybu



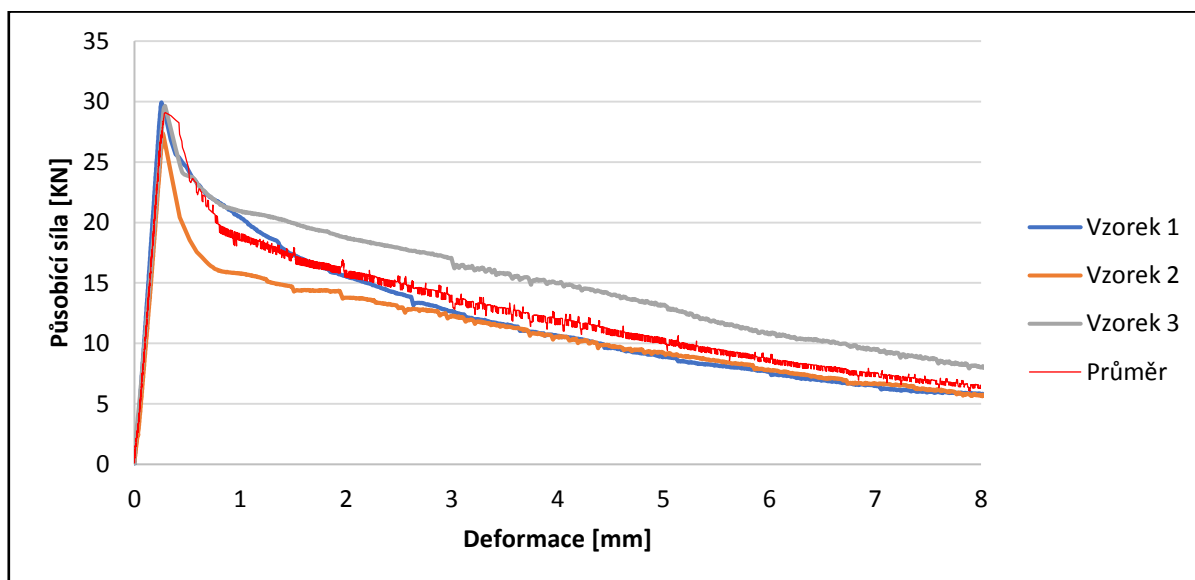
Graf 7: Výsledky ze zkoušky stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou

Reziduální pevnost a pracovní diagramy

Při zkoušení pevnosti betonu v tahu za ohybu bylo zkušební těleso osazeno měřícím zařízením pro sledování deformace v průběhu zatěžování a na základě naměřených údajů byly sestaveny pracovní diagramy. Z těchto výkonových diagramů byla následně stanovena reziduální pevnost v tahu za ohybu při deformaci zkušebního trámce 3,5 mm.



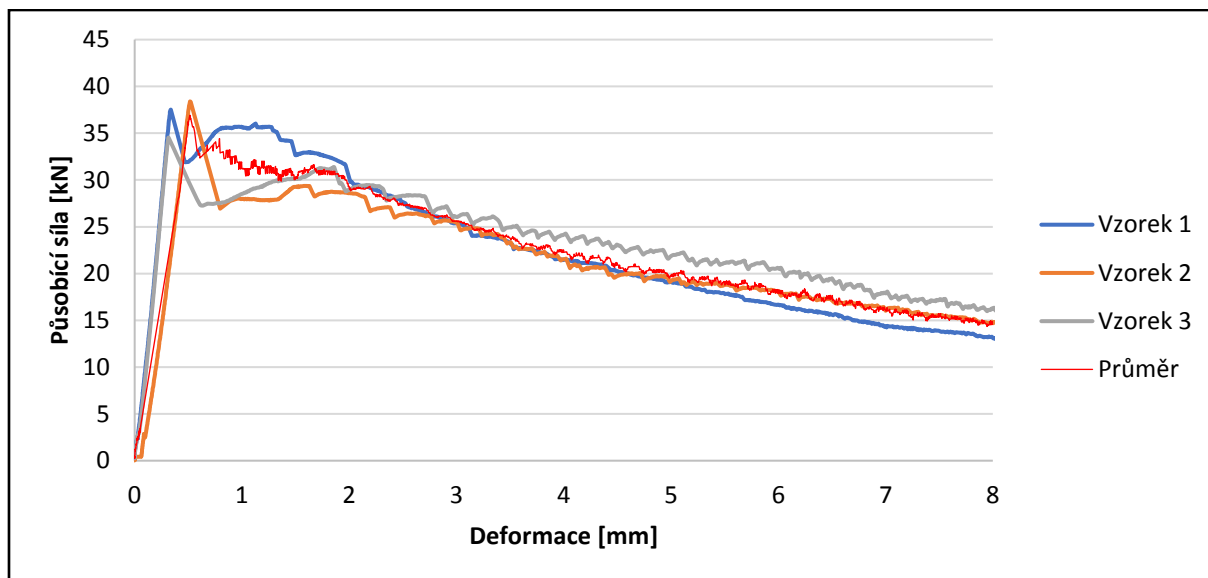
Graf 8: Zobrazení reziduálních pevností jednotlivých receptur drátkobetonu



Graf 9: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A1 a jejich průměr

Tab. 15: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A1

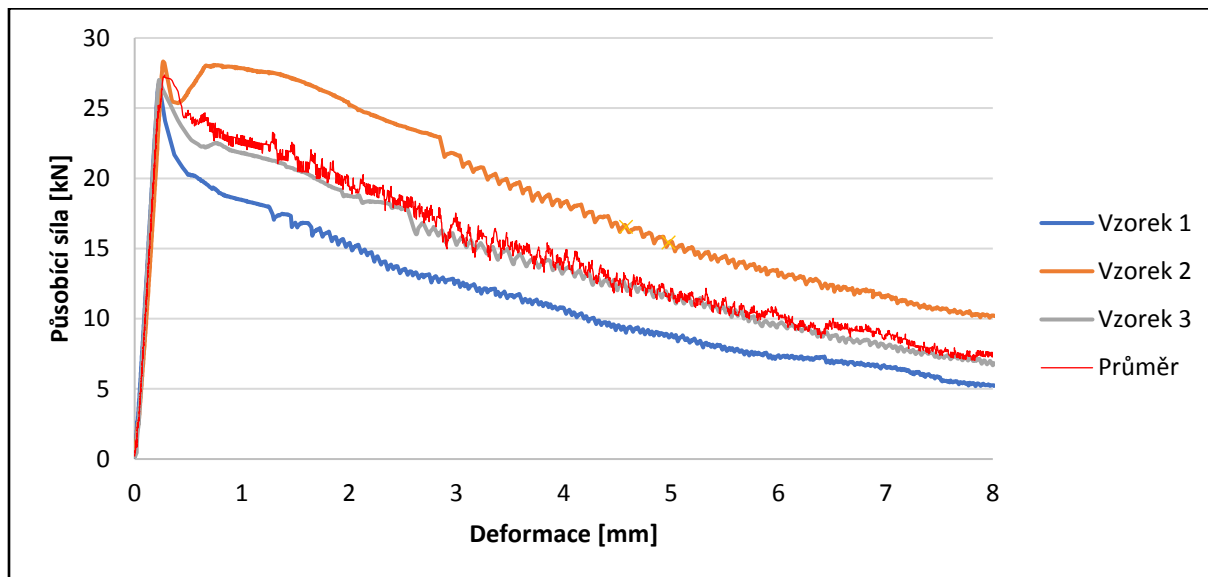
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
29,6	0,28	12,9	2,3



Graf 10: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A2 a jejich průměr

Tab. 16: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A2

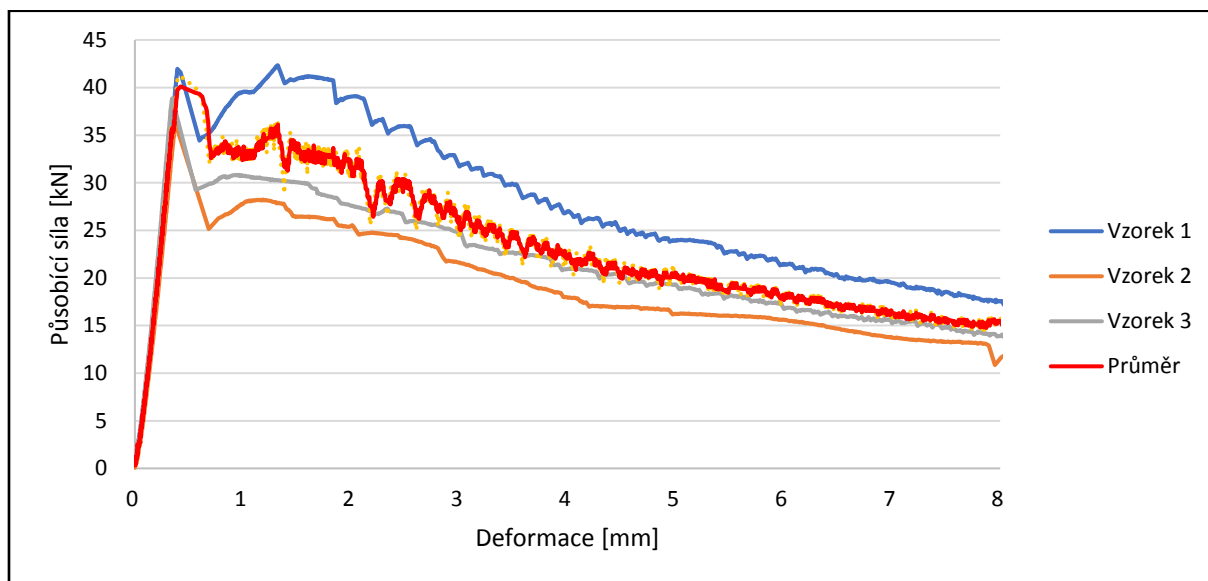
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
36,8	0,43	23,9	4,2



Graf 11: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A3 a jejich průměr

Tab. 17: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A3

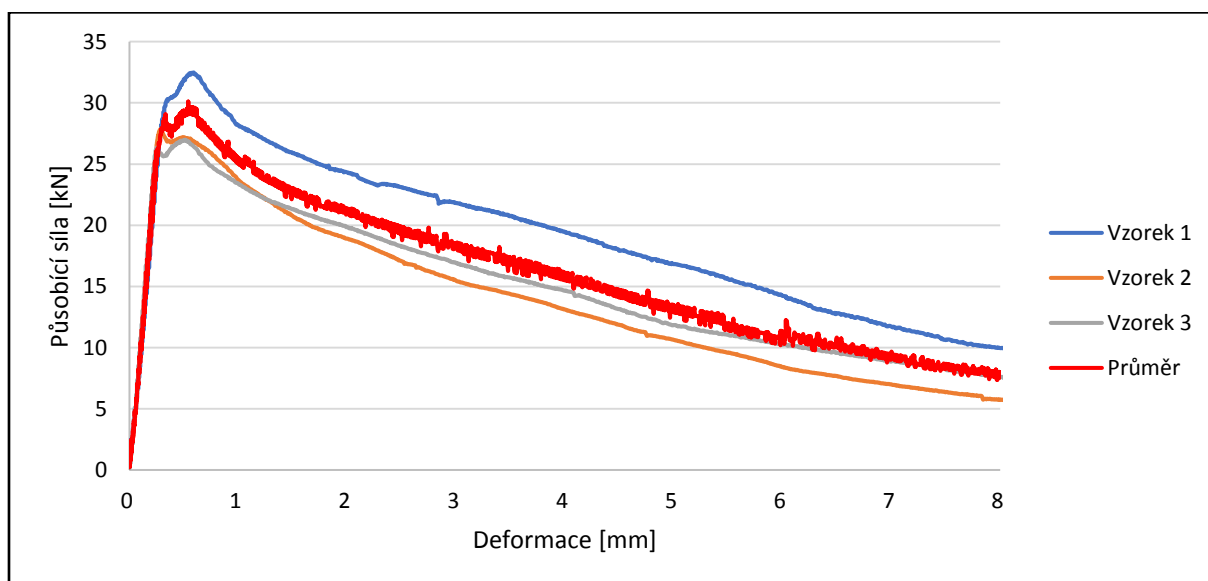
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
27,4	0,25	15,3	2,7



Graf 12: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A4 a jejich průměr

Tab. 18: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A4

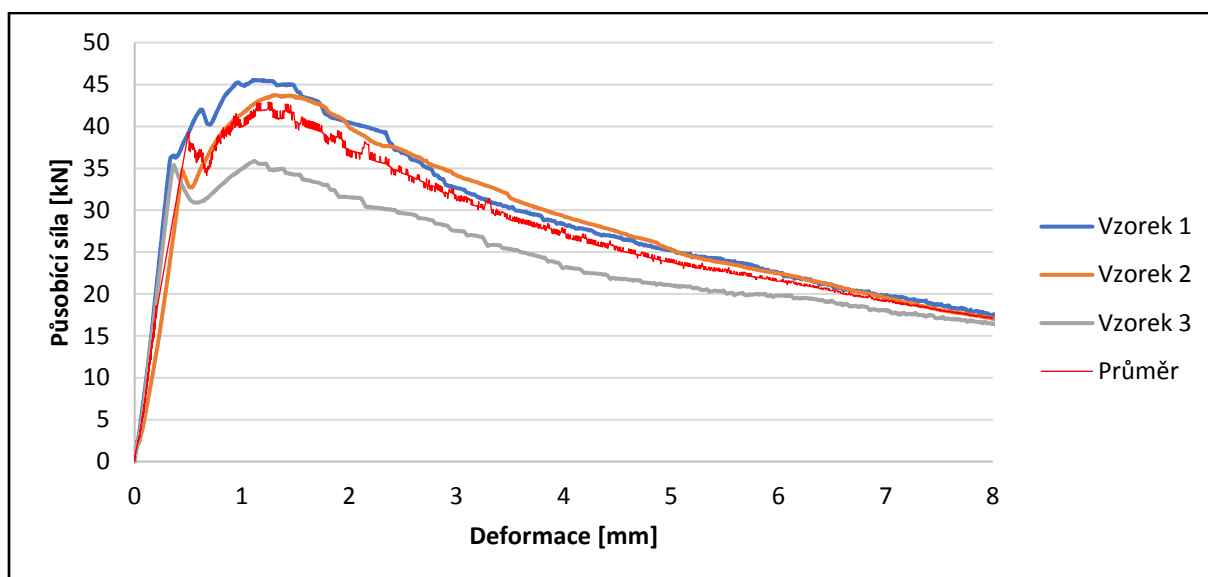
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
39,2	0,38	24,1	4,3



Graf 13: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B1 a jejich průměr

Tab. 19: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B1

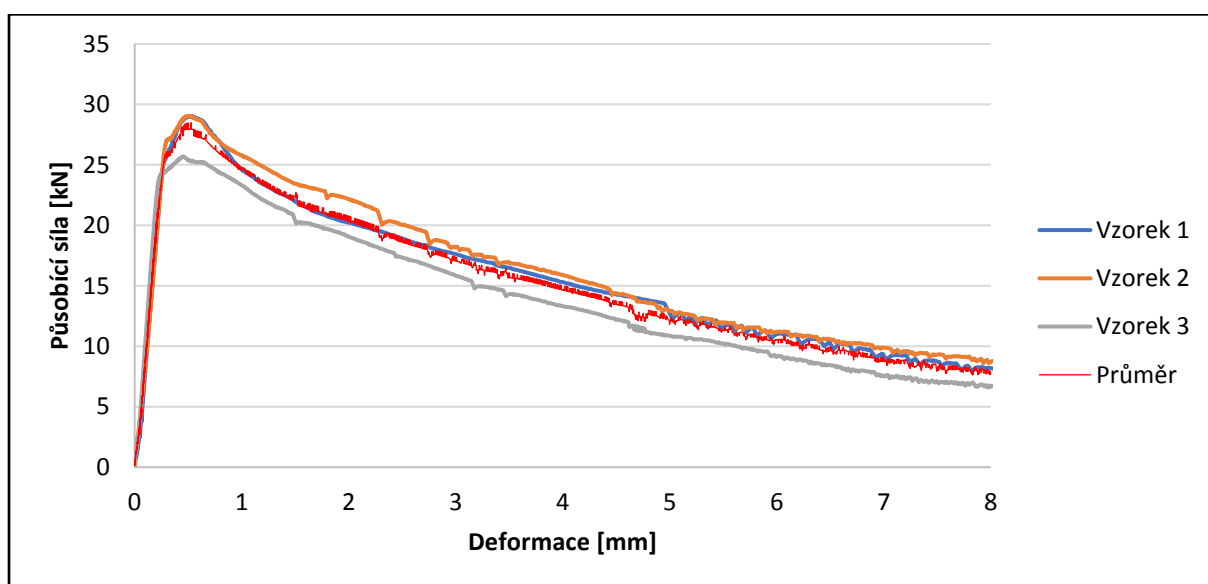
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
29,1	0,46	17,0	3,0



Graf 14: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B2 a jejich průměr

Tab. 20: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B2

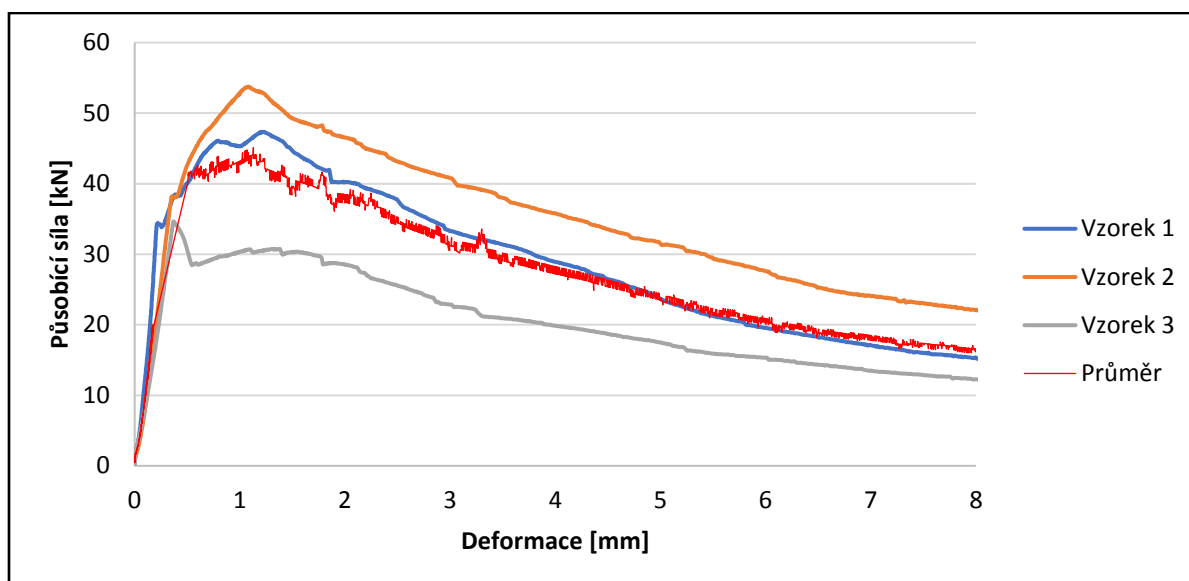
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
37,4	0,45	29,1	5,2



Graf 15: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B3 a jejich průměr

Tab. 21: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B3

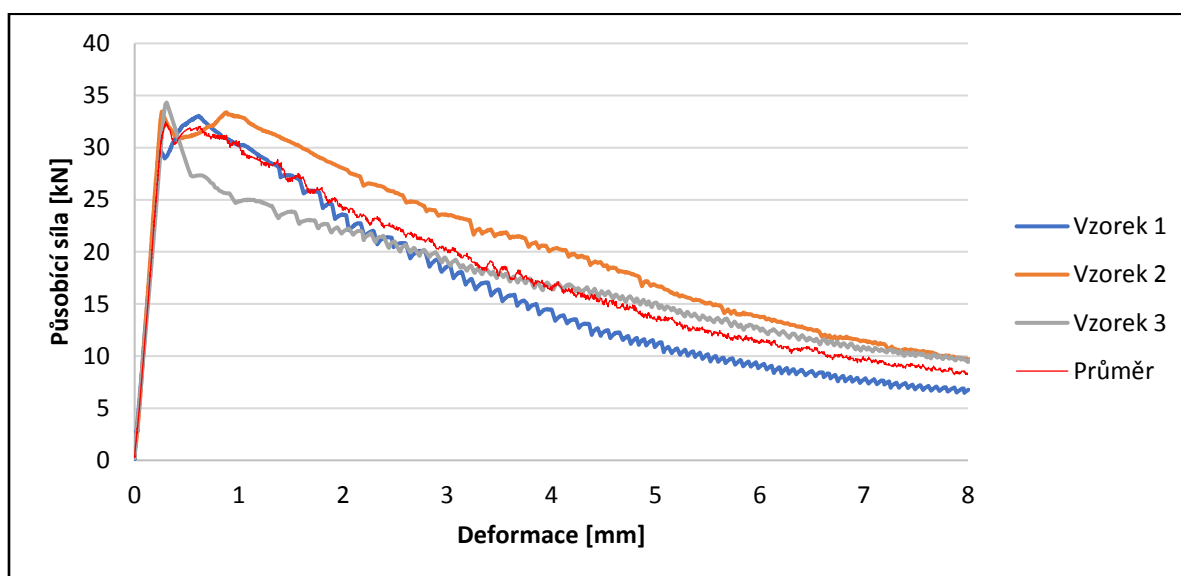
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
27,9	0,49	15,9	2,8



Graf 16: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B4 a jejich průměr

Tab. 22: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B4

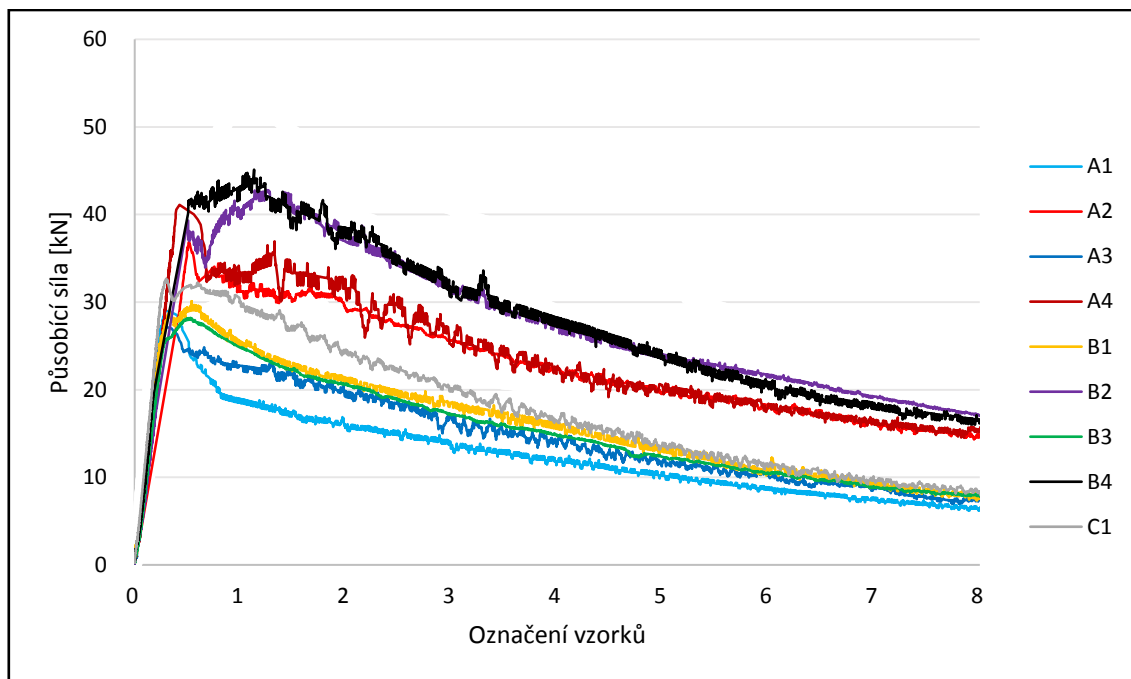
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
43,0	0,93	29,5	5,2



Graf 17: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury C1 a jejich průměr

Tab. 23: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury C1

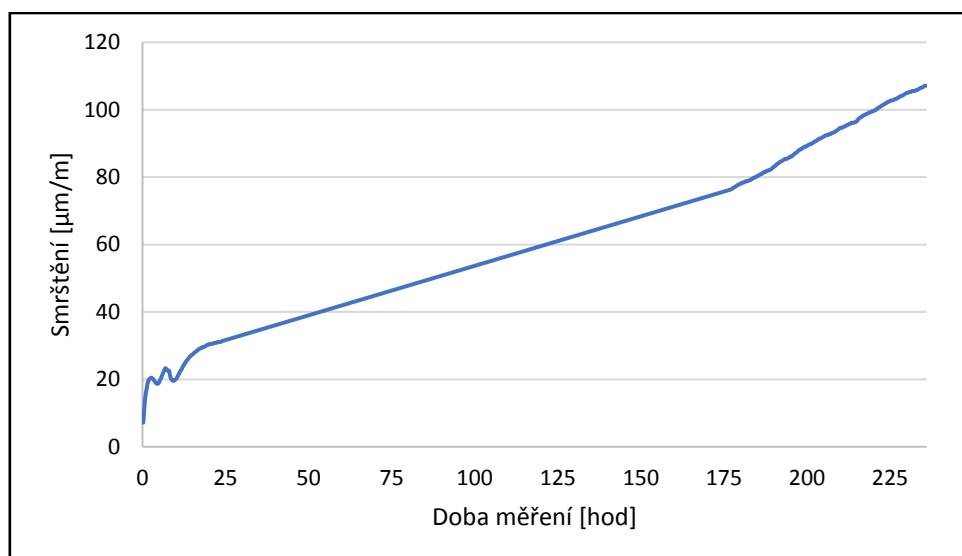
Lomová síla [kN]	Odpovídající deformace [mm]	Působící síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]
33,6	0,39	18,7	3,3



Graf 18: Porovnání pracovních diagramů všech receptur

Smrštění

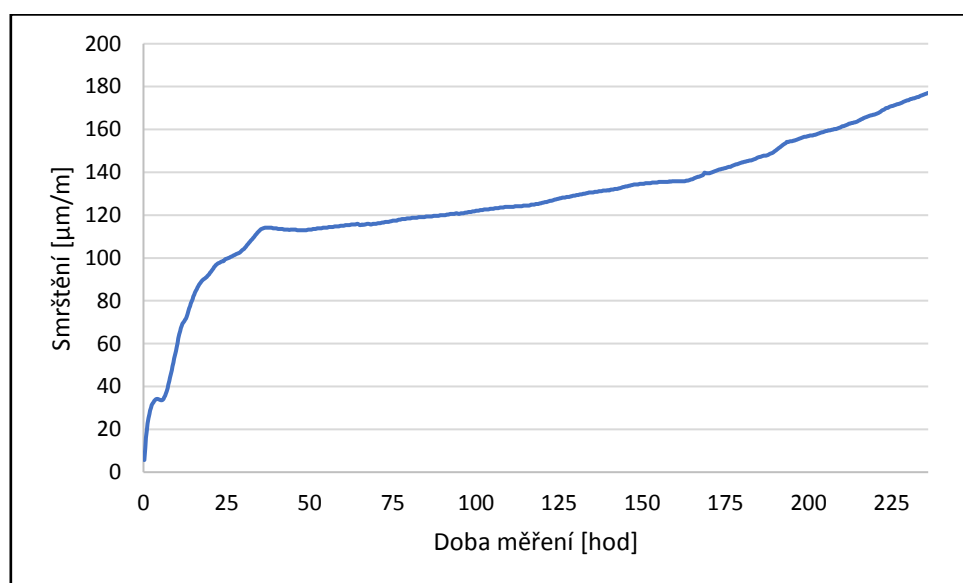
Smrštění bylo z kapacitních důvodů laboratoře a omezeného množství vstupních surovin měřeno pouze na vybraných recepturách pro ověření jejich skutečného chování v průběhu tuhnutí a tvrdnutí. Zvolené receptury jsou B3, B4 a C1. Z důvodu nevhodného osazení měřících bodů u vzorku receptury B4, došlo k jejich selhání a znehodnocení měření. Automatické měření smrštění s kontinuálním záznamem deformací bylo ukončeno po 9 dnech a měření probíhalo při teplotě 20,6 °C a relativní vlhkosti 91,4 %. Dlouhodobě měření pak bylo ukončeno po 6 týdnech.



Graf 19: Průběh smrštění betonu v závislosti na čase receptury B3

Tab. 24: Hodnoty smrštění v charakteristických časech

Smrštění po 220 hod [μm/m]	Smrštění po ukončení všech měření[μm/m]
99,79	707,12



Graf 20: Průběh smrštění betonu v závislosti na čase receptury C1

Tab. 25: Hodnoty smrštění v charakteristických časech receptury C1

Smrštění po 220 hod [μm/m]	Smrštění po ukončení všech měření[μm/m]
167,24	968,8

4.11 ZAŘAZENÍ DRÁTKOBETONU

Zařazení daného drátkobetonu lze provést například dle ČSN P 732450 Vláknobeton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda nebo ČSN P 732452 Vláknobeton - Zkoušení ztvrdlého vláknobetonu a drátkobetonu lze takto označovat a do jisté míry je tak typizovat. Vláknobetony jsou označovány dle jejich základních charakteristik.

$C f_{c,k,cyl}/f_{c,k,cube}; FRC f_{fc,tk,cr}/f_{fc,tk,0,5}/f_{fc,tk,res,1}; X..., Cl..., D_{max}, konzistence$

kde je

$C f_{c,k,cyl}/f_{c,k,cube}$	charakteristická pevnost vláknobetonu v tlaku na válci/krychli [MPa]
$f_{fc,tk,cr}$	pevnost vláknobetonu v dostředném tahu na mezi vzniku makrotrhliny [MPa]
$f_{fc,tk,0,5}$	reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu při deformaci 0,5 mm [MPa]
$f_{fc,tk,res,1}$	reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu po vzniku makrotrhliny při deformaci 3,5 mm [MPa]
X	stupeň vlivu prostředí
Cl	maximální obsah chloridů
D_{max}	maximální frakce kameniva [mm]

Jednotlivé dílčí charakteristiky jsou stanoveny následovně.‘

Pevnost vláknobetonu v dostředném tahu na mezi vzniku makrotrhliny

$$f_{fc,tk,cr} = \frac{f_{fc,tk,fl}}{\gamma_{n,nom}}$$

kde je

$f_{fc,tk,cr}$	pevnost vláknobetonu v dostředném tahu na mezi vzniku makrotrhliny [MPa]
$f_{fc,tk,fl}$	charakteristická pevnost v tahu za ohybu vláknobetonu [MPa]
$\gamma_{n,nom}$	součinitel výšky trámce dle vztahu $\gamma_{n,nom} = (1,6 - d_2)$, $d_2 = 0,15$ m

Reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu při deformaci 0,5 mm

$$f_{fc,tk,0,5} = 0,45 \times \frac{(F_{Rk,0,5} \times l)}{d_1 \times d_2^2}$$

kde je

$f_{fc,tk,0,5}$	reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu při deformaci 0,5 mm [MPa]
$F_{Rk,0,5}$	charakteristická odolnost vláknobetonu při průhybu 0,5 mm [N]
l	rozpětí podpor [mm]
d_1, d_2	rozměry říčného řezu, $d_1 = d_2 = 150$ mm

Reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu po vzniku makrotrhliny při deformaci 3,5 mm

$$f_{fc,tk,res,1} = 0,36 \times \frac{(F_{Rk,res,1} \times l)}{d_1 \times d_2^2}$$

kde je

$f_{fc,tk,res,1}$	reziduální pevnost vláknobetonu v dostředném tahu po vzniku makrotrhliny při deformaci 3,5 mm [MPa]
$F_{Rk,res,1}$	charakteristická odolnost vláknobetonu při průhybu 0,5 mm [N]
l	rozpětí podpor [mm]
d_1, d_2	rozměry říčného řezu, $d_1 = d_2 = 150$ mm

Tab 26: Vypočítané dílčí charakteristiky pro označení vláknobetonu

Receptura	C $f_{c,k,cyl} / f_{c,k,cube}$	$f_{fc,tk,cr}$	$f_{fc,tk,0,5}$	$f_{fc,tk,res,1}$
A1	30/37	3,6	1,8	1,4
A2	55/67	4,5	2,4	1,9
A3	35/45	3,4	1,8	1,5
A4	55/67	4,8	1,8	1,4
B1	25/30	3,6	2,3	1,8
B2	60/75	4,6	2,8	2,2
B3	25/30	3,4	2,2	1,8
B4	60/75	5,3	3,0	2,4
C1	30/37	4,1	2,4	2,0

Tab. 27: Jednotlivé označení receptur

Receptura	Označení
A1	30/37; FRC 3,6 / 1,8 / 1,4; XM3,-,16, S4
A2	55/67; FRC 4,5 / 2,4 / 1,9; XM3,-,16, S4
A3	35/45; FRC 3,4 / 1,8 / 1,5; XM3,-,16, S5/F5
A4	55/67; FRC 4,8 / 1,8 / 1,4; XM3,-,16, S5
B1	25/30; FRC 3,6 / 2,3 / 1,8; XM3,-,16, S4
B2	60/75; FRC 4,6 / 2,8 / 2,2; XM3,-,16, S3
B3	25/30; FRC 3,4 / 2,2 / 1,8; XM3,-,16, S5/F4
B4	60/75; FRC 5,3 / 3,0 / 2,4; XM3,-,16, S3
C1	30/37; FRC 4,1 / 2,4 / 2,0; XM3,-,16, S3

5 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Záměrem experimentální části diplomové práce bylo nalezení optimálního složení betonu, se zaměřením na obsaženou rozptýlenou výztuž, v porovnání s dosaženými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Pro tyto potřeby bylo navrženo 9 různých receptur. Každá receptura má shodné základní složení (cement, kamenivo, plast. přísady, voda), liší se pak v množství obsažené rozptýlené výztuže a kombinaci použitých druhů. Výjimkou je receptura C1, kde došlo ze studijních důvodů k úpravám, zejména pak ke snížení vodního součinitele. Na těchto recepturách byla provedena řada zkoušek jak na čerstvém, tak na ztvrdlém betonu. Vyhodnocení těchto zkoušek poskytlo laboratorně podložené informace, nutné pro volbu optimální varianty. Pro potřeby následujícího zhodnocení zkoušek a diskuzi dosažených výsledků zde opět uvedena tabulka množství a vzájemných kombinací použité rozptýlené výztuže z kapitoly 4.2 *Návrh složení*.

Tab. 28: Množství rozptýlené výztuže v jednotlivých recepturách

Receptura	Dramix 3D 65/35 BG	Dramix 3D 80/60 BG	Anti-Crack HD
A1	40 kg	0	0
A2	0	40 kg	0
A3	40 kg	0	0,6 kg
A4	0	40 kg	0,6 kg
B1	70 kg	0	0
B2	0	70 kg	0
B3	70 kg	0	0,6 kg
B4	0	70 kg	0,6 kg
C1	70 kg	0	0,6 kg

Nejprve byly provedeny zkoušky na čerstvém betonu, konkrétně stanovení konzistence, obsahu vzduchu, objemové hmotnosti a teploty ihned po ukončení míchání a dosažené výsledky jsou zhodnoceny níže.

Jelikož se jedná v praxi o nejrozšířenější zkoušku zpracovatelnosti čerstvého transportbetonu, bylo pro stanovení konzistence čerstvého betonu použito zkoušky sednutí kužele. Pro většinu receptur se tato zkouška ukázala jako vyhovující, pouze v případě receptury A3 a B3 byla konzistence natolik tekutá, že sednutí nebylo dobře měřitelné. Pro potřebu označení konzistence těchto receptur byla provedena zkouška rozlitím. Značně tekutější konzistence dosáhly receptury obsahující různé množství ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG. Toto si lze vysvětlovat zvýšeným obsahem vzduchu v čerstvém betonu

těchto receptur. Z dosažených výsledků je rovněž patrné, že přídavek skleněné rozptýlené výztuže způsobuje snížení viskozity čerstvého betonu, v důsledku zvýšení obsahu vzduchu v jeho struktuře. Nejvíce tekuté konzistence byly zaznamenány u výše zmíněných receptur A3 - sednutí 250 mm (rozlití 590 mm) a B3 - sednutí 230 mm (rozlití 520 mm). Směsi nejvíce plastické byly receptury B2 - sednutí 120 mm a C1 - sednutí 110 mm. U receptury B2 bylo toto důsledkem vyšší dávky dlouhých ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG za současné absence skelných vláken. K omezení zpracovatelnosti experimentálního složení C1 došlo v důsledku omezení množství použité záměsové vody. Konzistence všech směsí splňují podmínku čerpatelnosti a jsou zařazeny minimálně do kategorie S3.

Další zkouškou byl stanovován obsah vzduchu v čerstvém betonu tlakovou metodou. Touto zkouškou bylo nejprve pozorováno značné navýšení obsahu vzduchu v případě použití kratších ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG v závislosti na jejich množství. Následně pak bylo zjištěno, že při použití skleněných vláken dochází také k určitému navýšení obsahu vzduchu v betonu. K tomuto zřejmě dochází během mísícího procesu importací vzduchu vlivem takzvaného našlehání. Tento zvýšený obsah vzduchu v čerstvém betonu poté způsobuje reologické změny v jeho chování. Dochází zejména k zlepšení zpracovatelnosti, je však nutné sledovat segregaci a rozměšování čerstvého betonu a těmto důsledkům případně zamezit. Tento jev je velice nežádoucí, jelikož také způsobuje celkové oslabení struktury ztvrdlého betonu a tak pokles jeho pevnostních a dalších charakteristik. Zvýšený obsah vzduchu má pak pozitivní vliv na schopnost ztvrdlého betonu odolávat cyklickému zmrazování. Pro omezení tohoto nežádoucího jevu by bylo nutné využít odpěňovacích přísad, které eliminují obsažený vzduch v čerstvém betonu. V tomto případě by bylo nutné sledovat chování čerstvého betonu, zejména s ohledem na kompatibilitu s použitou superplastifikační přísadou. Tomuto nežádoucímu stavu lze také předejít optimalizací mísícího procesu, zejména pak rychlostí míchání a dobou trvání. Nejvyšší obsah vzduchu v čerstvém betonu byl naměřen na recepturách B1 - 10,8 % a B3 - 12,0 %. Toto jsou receptury obsahující nejvyšší dávku ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG a receptura B3 je navíc obohacena o skelná vlákna. Nejnižší obsah vzduchu v čerstvém betonu byl stanoven na recepturách B2 - 1,7 % a B4 - 2,2 %. Tyto receptury neobsahovaly skelnou výztuž ani krátké ocelové drátky Dramix 3D 65/35 BG a nedošlo tak k provzdušnění betonu během míchání.

Současně se stanovením obsahu vzduchu v čerstvém betonu byla stanovována jeho objemová hmotnost pomocí známého objemu tlakové nádoby. Objemová hmotnost dosahovala vyšších hodnot u receptur s delšími ocelovými drátky Dramix 3D 80/60 BG. Toto je způsobeno vyšší kompaktností systému, z důvodu absence nadměrného množství vzduchu, jako je tomu

u dalších receptur. Vhodnější štíhlostní poměr ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG navíc umožňuje jejich snadnější uspořádávání zejména mezi hrubou frakcí kameniva, v průběhu ukládání a zpracování čerstvého betonu. U receptur obsahující skelnou rozptýlenou výztuž bylo také pozorováno navýšení objemové hmotnosti čerstvého betonu. I přesto, že skelné vlákna mírně zvyšují obsah vzduchu, jejich průřez a délka zřejmě pozitivně ovlivňují skladebnou schopnost jednotlivých částí směsi. Nejvyšších hodnot objemových hmotností čerstvého betonu bylo dosaženo u receptur B2 - 2410 kg/m³ a B4 - 2410 kg/m³, nejnižších hodnot poté dosáhly receptury B3 - 2060 kg/m³ a C1 - 2130 kg/m³. Výsledky objemových hmotností čerstvého betonu jsou závislé zejména na obsahu vzduchu, a s tím související použití specifického druhu a množství rozptýlené výztuže.

Po dokončení procesu míchání byla ihned změřena teplota čerstvého betonu hrotovým digitálním teploměrem. Nižších teplot čerstvého betonu bylo dosaženo při použití receptur obsahující delší ocelové drátky Dramix 3D 80/60 BG. Nejnižších teplot čerstvého betonu bylo naměřeno u receptury A4 - 19,4 °C a B4 - 19,8 °C, tedy při použití delších drátků a skelné rozptýlené výztuže. Nejvyšší teploty po ukončení míchání byly naměřeny u receptur A1 - 21,2 °C a C1 - 21,6 °C. Na naměřené hodnoty teploty čerstvého betonu mají vliv především skladovací klimatické podmínky vstupních materiálů, jenž nebyly konstantní a mohly tak výrazně ovlivnit dosažené výsledky.

Po dosažení stáří betonu 28 dnů ode dne zamíchání, byly provedeny nedestruktivní i destruktivní zkoušky na ztvrdlém betonu. Prováděné zkoušky jsou konkrétně stanovení objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu, a sestavení pracovních diagramů z průběhu zatěžování, stanovení reziduální pevnosti, stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou a měření smrštění v průběhu času. Dosažené výsledky jsou poté zhodnoceny níže.

První zkouškou na ztvrdlém betonu bylo určení objemových hmotností jednotlivých receptur. Stanovení objemové hmotnosti spočívalo ve změření délkových rozměrů, zvážení a vyhodnocení dané fyzikální vlastnosti. Nejvyšších hodnot objemové hmotnosti ztvrdlého betonu bylo dosaženo u receptur B2 - 2430 kg/m³ a B4 - 2420 kg/m³. Toto bylo očekáváno, jelikož tyto receptury vykazovaly nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti již v čerstvém stavu. Nejnižších hodnot objemové hmotnosti poté dosáhly receptury B1 - 2180 kg/m³ dle očekávání a B3 - 2120 kg/m³, jejíž objemová hmotnost čerstvého betonu patřila také k nejnižším.

Další prováděnou zkouškou je stanovení pevnosti betonu v tlaku. Tělesa pro vykonání této zkoušky jsou fragmenty zkušebního trámce ze zkoušení pevnosti v tahu za ohybu. Nejvyšší průměrné hodnoty pevnosti betonu v tlaku dosáhly receptury B2 - 75 MPa a B4 - 76 MPa. Toto

bylo očekáváno, neboť vzorky této receptury vykazovaly nejpříznivější výsledky ve všech předchozích zkoušeních. Naopak nejnižších pevností v tlaku dosáhly tělesa receptury B1 - 36 MPa a B3 - 36 MPa. I toto bylo očekáváno, jelikož čerstvý beton těchto receptur obsahoval největšího množství nechtěného vzduchu. Tento vzduch byl rovněž patrný při destruktivním zkoušení ve formě makroskopických pórů. Receptury se zvýšeným obsahem vzduchu, tedy ty, ve kterých bylo využito krátkých drátků Dramix 3D 65/35 BG nesplňují požadavek zadání na pevnostní třídu betonu C 40/50.

Následně došlo k měření pevnosti v tahu za ohybem formou čtyřbodového zatěžovacího uspořádání. Nejnižší pevnosti betonu v tahu za ohybu byly zjištěny u receptur A3 - 4,9 MPa a B3 - 5,0 MPa. Jelikož vzorky těchto receptur dosahovaly špatných výsledků v průběhu celého zkoušení, bylo toto očekáváno. Nízká pevnost v tahu za ohybu je opět důsledkem nadměrného množství obsahu vzduchu ve struktuře betonu. Naopak nejvyšších pevností v tahu za ohybu byly naměřeny na zkušebních tělesech receptur B4 - 7,7 MPa a překvapivě A4 - 7,0 MPa místo očekávané receptury B2 - 6,6 MPa. Při porovnání dosažených hodnot vzorků A4 (40 kg Dramix 3D 80/60 BG + 0,6 kg Anti-CrackHD) a B2 (70 kg Dramix 3D 80/60 BG), poukazují výsledky na skutečnost, že pro pevnost betonu v tahu za ohybu má větší význam použití skelné rozptýlené výztuže než pouhé zvyšování množství ocelových drátků. Nejlepších vlastností lze poté dosáhnout použitím vyšší dávky ocelových drátků v kombinaci se skelnými vlákny. U receptury B4 došlo k potvrzení, že se jedná o beton s nejhodnotnějšími fyzikálně-mechanickými vlastnostmi.

Při stanovení pevnosti betonu v tahu za ohybu byla tělesa osazena sledovacím čidlem pro měření vznikající deformace v závislosti na působící síle. Tyto data byla elektronicky převáděna do počítačového softwaru pro potřeby vytvoření výkonových diagramů a stanovení reziduální pevnosti. Zatěžování probíhalo do hranice vzniklé deformace 8 mm. Toto grafické znázornění závislosti deformace na působící síle zobrazuje reálné chování materiálů v průběhu zatěžování, a to i po vzniku trhliny. Jak je pozorovatelné na grafu 18 nejlepšího průběhu chování dosáhly vzorky receptury B2 a B4 obsahující vysoké dávky delších ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG. Zkušební vzorky dle těchto receptur byly schopny přenést po vzniku trhliny dokonce větší zatížení než před jejím vznikem. Chování těles receptury A4, která zaznamenala téměř nejvyšší pevnost v tahu za ohybu, je však po vzniku trhliny značně descendentní a schopnost přenášet zatížení výrazně klesá. Nejméně příznivých průběhů chování dosáhly vzorky dle receptur A1 a A3. Toto je důsledkem použití krátkých ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG a jejich nízkému dávkování. Z těchto grafů byla následně určena zatěžovací síla při vzniklé deformaci trámce 3,5 mm. Z této síly byla poté stanovena reziduální

pevnost při deformaci 3,5 mm. Nejvyšších reziduálních pevností bylo dle očekávání dosaženo u receptur B2 - 5,2 MPa a B4 - 5,2 MPa. Nejnižší reziduální pevnosti byly poté naměřeny na vzorcích receptur A1 - 2,3 MPa a A3 - 2,7 MPa.

Poslední destruktivní zkouškou bylo stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou. Složení všech receptur předurčovalo vyhovující hodnocení, což se také potvrdilo. Zejména množství obsaženého cementu, konzistence a způsob zpracování čerstvého betonu zajistilo požadované vlastnosti. Výsledné hodnoty hloubky průsaků byly ve většině případů bezvýznamné, největší dosaženou hloubkou průniku bylo 5 mm u receptury A1.

Při stanovení smrštění vybraných receptur došlo k selhání měřícího bodu vzorku receptury B4 a nebylo tak umožněno další měření. Při porovnání smrštění receptur B3 a C1 docházíme k závěru, že chování receptury B3 během tuhnutí a tvrdnutí je doprovázeno menšími objemovými změnami.

6. ZÁVĚR

Cílem experimentální části diplomové práce bylo nalezení receptury betonu s optimálním dávkováním a kombinací rozptýlené výztuže, pro dosažení nejlepších možných užitných vlastností. V rámci této práce bylo navrženo 9 receptur betonu, které se liší pouze v množství a kombinaci obsažené rozptýlené výztuže. Výjimkou je receptura C1, jenž byla ze studijních důvodů modifikována a došlo u ní zejména ke snížení vodního součinitele. Pro zjištění dosažených vlastností jednotlivých receptur byla provedena řada zkoušek jak na čerstvém, tak na ztvrdlém betonu.

Na základě výsledků zkoušek čerstvého betonu je patrné, že použitím různého množství ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG a skelné rozptýlené dochází k nežádoucí importaci vzduchu do betonu během jeho míchání. Ocelové drátky zvyšují obsah vzduchu v čerstvém betonu až o 8 %, použitím skelných vláken pak dochází k navýšení množství vzduchu asi o 0,5 %. Tento jev má na jednu stranu pozitivní vliv na zvýšení míry tekutosti čerstvého betonu a umožňuje tak jeho snadné čerpání a zpracování, na druhou stranu však v důsledku obsažených vzduchových pórů dochází ve výsledku k poklesu pevnostních charakteristik. Při využití ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG k tomuto procesu nedocházelo a dosažené hodnoty zpracovatelnosti uspokojují dané požadavky na čerstvý beton.

Na základě výsledků zkoušení ztvrdlého betonu bylo potvrzeno očekávání, že receptury s ocelovými drátky Dramix 3D 65/35 BG, tedy receptury se zvýšeným obsahem vzduchu, dosáhly nižších hodnot fyzikálně-mechanických vlastností. Pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu těchto receptur, dosáhly nižších hodnot zhruba o 30 % a také jejich reziduální pevnosti jsou asi o 40 % nižší. Skleněná rozptýlená výztuž má vliv na zvýšení objemové hmotnosti ztvrdlého betonu a mírně tak přispívá k navýšení pevnostních charakteristik

Ze získaných výsledků zkoušek je patrné, že ze zkoumaných variant složení betonu se ukázaly jako nejvhodnější receptury obsahující maximální dávku ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG, tedy receptury označené B2 a B4. V případě receptury B4, kde jsou ocelové drátky kombinovány s rozptýlenou skelnou výztuží (0,6 kg) došlo k dalšímu mírnému navýšení užitných vlastností. Vlastnosti čerstvého betonu těchto složení je vyhovující a fyzikálně-mechanické vlastnosti vzorků této receptury se ukázali jako nejlepší v drtivé většině prováděných zkoušek. Experimentální receptura C1 dosáhla spíše průměrných vlastností, za cenu snížené konzistence. Neukázala se tak jako nejvhodnější.

Z porovnání dosažených výsledků zkoušek receptur s obsahem ocelových drátků Dramix 3D 65/35 BG a Dramix 3D 80/60 BG a vzhledem k požadavkům na vlastnosti ztvrdlého

betonu je nutné zvolit jako vhodnější použití ocelových drátků Dramix 3D 80/60 BG, jejichž cena je navíc nižší zhruba o 20 %. Co se týče skleněných vláken, při porovnání dosažených výsledků s jejich nízkým dávkováním a nízké pořizovací ceně, docházíme k závěru, že je vhodné jich při navrhování receptury využívat. Je však nutné sledovat chování čerstvého betonu a v případě negativních projevů, jako je zejména navýšení obsahu vzduchu, tyto vhodně řešit a eliminovat.

Optimalizace receptury betonu v oblasti vysoce zatížených průmyslových betonových podlahových konstrukcí je zajímavou otázkou technologie výroby a vytvoření betonu s extrémně příznivými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi charakteristickými pro tyto konstrukce, jako je zejména pevnost v tlaku, pevnost v tahu za ohybu, reziduální pevnost a průběh chování během zatěžování, je téma vhodné pro další výzkum.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SVOBODA, Pavel a Josef DOLEŽAL. *Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb*. Bratislava: JAGA FROUP, 2007. ISBN 978-80-8076-054-0.
- [2] HELA, R., P. KLABLENA, J. KRÁTKÝ, J. PROCHÁZKA, P. ŠTĚPÁNEK a J. VÁCHA. *Betonové průmyslové podlahy*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006. ISBN 80-86769-73-9.
- [3] Rohož Cem-MAT. [Www.vlaknadobetonu.cz](http://www.vlaknadobetonu.cz) [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.vlaknadobetonu.cz/product.php?id_product=15.
- [4] PLOCHÝ, ODNDŘEJ. *Lehké betony s rozptýlenou výztuží*. Brno, 2016. 89 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.
- [5] ČSN 74 4505. *Podlahy - Společná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [6] ČSN EN 12350. *Zkoušení čerstvého betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [7] ČSN EN 12390. *Zkoušení ztvrdlého betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [8] ČSN P 732451. *V láknobeton - Zkoušení čerstvého vláknobetonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [9] ŽALSKÝ, PETR. *Průmyslové betonové podlahy*. Praha, 2003. Disertační práce. Vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Ústav technologie stavební inženýrství. Školitel Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.
- [10] ČSN 73 1001. *Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [11] ŞANAL, İrem a Nilüfer ÖZYURT ZIHNIOĞLU. To what extent does the fiber orientation affect mechanical performance? *Construction and Building Materials* [online]. 2013 (44), 671-681 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813002894#!>.
- [12] ČSN EN 1991-1-1. *Zatížení konstrukcí - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

- [13] Polní geotechnické zkoušky. *Www.gamatest.cz* [online]. Praha [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.gamatest.cz/gamatest_polni.php.
- [14] Cellulose fiber for concrete. *Www.dzly-buildingmaterials.com* [online]. Čína, [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://www.dzly-buildingmaterials.com/Cellulose-fiber-for-concrete.html>.
- [15] BUCH, Neeraj, Owais REHMAN a Jacob HILLER. Impact of Processed Cellulose Fibers on Portland Cement Concrete Properties. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2014 (1668), 72-80 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/1668-11>.
- [16] PETERS, Sarah, Todd RUSHING, Eric LANDIS a Toney CUMMINS. Nanocellulose and Microcellulose Fibers for Concrete. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2010 (2142), 25-28 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/2142-04>.
- [17] Uhlíkové vlákno. *Www.kordcarbon.cz* [online]. Brno [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.kordcarbon.cz/uhlikove_vlakno.
- [18] MIKULA, Martin. Kompozitní materiály na bázi uhlíkových vláken. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 63 s. Vedoucí práce Ing. Karel Němec, Ph.D.
- [19] Ewa Lisztwanová *Vliv nanovláken na cementové kompozity v čerstvém i ztvrdlém stavu*. Brno, 2015. 64 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.
- [20] HOŠKO, Marek. *Studium vlivu složení betonu na ohrusnost povrchů*. Brno, 2013. 63 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.
- [21] PAPENFUS, Nicholas. Applying concrete technology to abrasion resistance. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Block Paving*. Sun City, South Africa, 2003.
- [22] STAVARŤ, Tomáš. *Změna trvanlivosti betonu z recyklovaného betonu variantní adicí silikátových příměsí*. Brno, 2012. 103 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Michal Stehlík, Ph.D.

- [23] ČSN P 73 2452. *Vláknobeton - Zkoušení ztvrdlého vláknobetonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [24] HELA, Rudolf. *Technologie betonu II. BJ15 - Technologie betonu II*. Vysoké učení technické v Brně. 2007
- [25] Fibres. *Www.twintecgroup.com* [online]. United Kingdom, 2017 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://www.twintecgroup.com/technology/fibres.php>.
- [26] Svaz výrobců Betonu. *Pojmy* [online]. Praha, 2013. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://ebeton.cz/pojmy/>.
- [27] KRÁTKÝ, Jiří, Jan VODIČKA a Karel TRTÍK. *Drátkobetonové konstrukce*. Praha: Informační centrum České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, 1999.
- [28] ČSN EN 14721. *Zkušební metoda betonu s kovovými vlákny - Měření obsahu vláken v čerstvém a ztvrdlém betonu*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [29] Steel fibre reinforcing for concrete. *Www.tectonica-online.com* [online]. Belgium, 2014, [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.tectonica-online.com/products/2662/dramix_concrete_reinforcing_fibre_steel/.
- [30] Anti-crack HP. *Www.vlaknadobetonu.cz* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: http://www.vlaknadobetonu.cz/product.php?id_product=16.
- [31] LÁNÍK, Jaromír. *Vliv rozptýlené výztuže na fyzikálně-mechanické parametry výsledného kompozitu*. Brno, 2014. 117 s. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
- [32] Solomon UltraFiber 500. *Www.solomoncolors.com* [online]. Springfield, Illinois, 2016 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://www.solomoncolors.com/ResourceDownload.aspx?id=1080>.
- [33] BRIATKA, Petr. *Priemyselné podlahy - chyby a sanácia. Materiály pro stavbu*. 2011, 17 (3), 40-46.
- [34] TŮMA, Petr a Bydžovský, Jiří. *Které požadavky na rovinnost podlah jsou přísnější? ČSN 74 4505, nebo DIN 18202?* *Http://stavba.tzb-info.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/11958-ktre-pozadavky-na-rovinnost-podlah-jsou-prisnejsi-csn-74-4505-nebo-din-18202>.
- [35] PĚNČÍK, Jan, Miloš LAVICKÝ a Pavel SCHMID. *Poruchy průmyslových podlah*. In: *Sborník XV. konference soudních znalců*. Brno, 2006, 105 - 107.

- [36] HOBST, Leonard, Jan JAŠEK a Lubomír VÍTEK. Betonové konstrukce 21. století - Betony s přidanou hodnotou: Samostatná příloha. *Beton TKS*. 2012, , 135 - 140.
- [37] ČSN P 732450. *Vláknobeton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [38] ČSN EN 206 + A1. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [39] ČSN 73 0212-3. *Geometrická přesnost ve výstavbě*. Praha: Český normalizační institut, 1997.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Mezní hodnoty tolerancí dle DIN 18 802 [2]	32
Tab. 2: Stanovené hodnoty tolerancí jednotlivých charakteristik [9]	33
Tab. 3: Stanovené hodnoty tolerancí jednotlivých charakteristik [9]	34
Tab. 4: Souhrn vlastností rozptýlené výztuže	47
Tab. 5: Původní navržené složení betonu	55
Tab. 6: Modifikace navržené receptury	56
Tab. 7: Složení upravené receptury	56
Tab. 8: Finální receptura	57
Tab. 9: Množství rozptýlené výztuže v jednotlivých recepturách	57
Tab. 10: Experimentální receptura C1	58
Tab. 11: Zkoušení čerstvého betonu	63
Tab. 12: Zkoušení ztvrdlého betonu	63
Tab. 13: Seskupení dosažených výsledků prováděných zkoušek na čerstvém betonu	70
Tab. 14: Seskupení dosažených výsledků prováděných zkoušek na ztvrdlém betonu	72
Tab. 15: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A1	75
Tab. 16: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A2	76
Tab. 17: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A3	76
Tab. 18: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury A4	77
Tab. 19: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B1	77
Tab. 20: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B2	78
Tab. 21: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B3	78
Tab. 22: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury B4	79
Tab. 23: Sledované parametry průměrného výkonového diagramu receptury C1	79
Tab. 24: Hodnoty smrštění v charakteristických časech receptury B3	81
Tab. 25: Hodnoty smrštění v charakteristických časech receptury C1	81
Tab. 26: Vypočítané dílčí charakteristiky pro označení vláknobetonu	83
Tab. 27: Jednotlivé označení receptur	84
Tab. 28: Množství rozptýlené výztuže v jednotlivých recepturách	85

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Umístění izolačních a smršťovacích spár [9]	24
Obr. 2: Průběh a způsob ošetřování betonu [24]	25
Obr. 3: Zvedání rohů betonového prvku [33]	27
Obr. 4: Diagonální trhliny a vhodné umístění oddělovacích spár [33]	28
Obr. 5: Zobrazení jednotlivých charakteristik pro měření rovinosti dle TR 34 [9]	33
Obr. 6: Celulózové vlákno zpracované ve formě 2D bloků [14]	41
Obr. 7: Vlákná monofilamentní [1]	42
Obr. 8: Vlákná fibrilovaná [1]	42
Obr. 9: Skleněná vlákna [1]	44
Obr. 10: Skleněné drátky [1]	44
Obr. 11: Skelná výztuž ve formě rohože [3]	44
Obr. 12: Příklady tvarování ocelových drátků [4]	46
Obr. 13: Závislost průběhu pracovních diagramů na tvaru vláken [25]	46
Obr. 14: Drátkové spletnice způsobené nevhodným postupem dávkování nebo mícháním [foto: J. Šafrata]	49
Obr. 15: Vývojový diagram pracovního postupu zpracování experimentální části	54
Obr. 16: Ocelové drátky Dramix 3D 65/35 BG [29]	59
Obr. 17: Ocelové drátky Dramix 3D 80/60 BG [29]	60
Obr. 18: Skleněná vlákna cem - FIL Anti-Crack HD [30]	60
Obr. 19: Forma pro výrobu trámců a odformované tělesa	62
Obr. 20: Dozometr [31]	66
Obr. 21: Radiační hutnoměr [36]	66

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výsledky ze zkoušky sednutí kužele	71
Graf 2: Výsledky ze zkoušky stanovení obsahu vzduchu v čerstvém betonu	71
Graf 3: Výsledky stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu	72
Graf 4: Výsledky stanovení objemové hmotnosti ztvrdlého betonu	73
Graf 5: Výsledky ze zkoušek stanovení pevnosti betonu v tlaku	73
Graf 6: Výsledky ze zkoušení pevnosti v tahu za ohybu	74
Graf 7: Výsledky ze zkoušky stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou	74
Graf 8: Zobrazení reziduálních pevností jednotlivých receptur drátkobetonu	75
Graf 9: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A1 a jejich průměr	75
Graf 10: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A2 a jejich průměr	76
Graf 11: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A3 a jejich průměr	76
Graf 12: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury A4 a jejich průměr	77
Graf 13: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B1 a jejich průměr	77
Graf 14: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B2 a jejich průměr	78
Graf 15: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B3 a jejich průměr	78
Graf 16: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury B4 a jejich průměr	79
Graf 17: Pracovní diagramy zkušebních vzorků receptury C1 a jejich průměr	79
Graf 18: Porovnání pracovních diagramů všech receptur	80
Graf 19: Průběh smrštění betonu v závislosti na čase receptury B3	81
Graf 20: Průběh smrštění betonu v závislosti na čase receptury C1	81

PŘÍLOHY

Příloha 1: Výsledné hodnoty zkoušky sednutí kužele

Receptura	Sednutí kužele [mm]	Kategorie
A1	210	S4
A2	200	S4
A3	250/ rozliti 590*	S5/F5
A4	220	S5
B1	190	S4
B2	120	S3
B3	230/ rozliti 520*	S5/F4
B4	140	S3
C1	110	S3

* V závislosti na konzistenci směsi A3 a B3 byla zvolena vhodnější zkouška rozlitím dle ČSN EN 12350
Zkoušení čerstvého betonu - část 5: Zkouška rozlitím

Příloha 2: Objemová hmotnost čerstvého betonu u jednotlivých receptur

Receptura	Hmotnost 8 litrů ČB [kg]	Objemová hmotnost [kg/m ³]
A1	17,175	2150
A2	18,715	2340
A3	17,513	2190
A4	18,740	2340
B1	17,379	2170
B2	19,244	2410
B3	16,515	2060
B4	19,291	2410
C1	17,004	2130

Příloha P3: Získané hodnoty z měření pro stanovení objemové hmotnosti ztvrdlého betonu

Receptura	D _{vz1}	D _{vz2}	D _{vz3}	Průměrná objemová hmotnost [kg/m ³]
A1	2157	2155	2194	2170
A2	2433	2414	2393	2410
A3	2167	2206	2233	2200
A4	2383	2366	2392	2380
B1	2180	2143	2143	2180
B2	2417	2438	2446	2430
B3	2127	2137	2107	2120
B4	2431	2420	2411	2420
C1	2229	2198	2200	2210

kde D_i je objemová hmotnost [kg/m³]

Příloha 4: Naměřené hodnoty pevnosti betonu v tlaku

Receptura	Pevnost v tlaku [MPa]		Průměrná pevnost v tlaku [MPa]
A1	42,43	39,93	41
	44,08	39,52	
	39,26	41,12	
A2	69,85	67,2	69
	70,07	70,73	
	67,56	69,6	
A3	46,7	47,32	47
	46,96	45,24	
	46,16	47,72	
A4	70,16	66,23	68
	67,19	68,12	
	69,44	67,67	
B1	36,61	36,09	36
	36,14	35,16	
	36,12	37,09	
B2	76,9	72,97	75
	73,91	75,86	
	76,67	75,46	
B3	33,41	38,6	36
	34,26	35	
	38,37	34,77	
B4	75,32	75,03	76
	76,12	76,41	
	77,22	75,65	
C1	45,34	45,79	44
	44,52	42,82	
	44,37	42,18	

Příloha 5: Naměřené hodnoty ze zkoušení pevnosti v tahu za ohybu

Receptura	Lomová síla [kN]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Průměrná pevnost v tahu za ohybu [MPa]
A1	29,93	5,3	5,2
	29,62	5,3	
	28,98	5,2	
A2	34,51	6,1	6,5
	38,40	6,8	
	37,52	6,7	
A3	26,76	4,8	4,9
	28,33	5,0	
	27,01	4,8	
A4	42,35	7,5	7,0
	36,26	6,4	
	38,88	6,9	
B1	32,47	5,8	5,2
	27,85	5,0	
	27,94	5,0	
B2	42,00	7,5	6,6
	24,79	6,2	
	35,40	6,3	
B3	29,04	5,2	5,0
	29,05	5,2	
	25,68	4,6	
B4	47,6	8,5	7,7
	46,12	8,2	
	35,40	6,3	
C1	33,05	5,9	6,0
	33,47	6,0	
	34,30	6,1	

Příloha 6: Naměřené hodnoty ze ztanovení pracovních diagramů a reziduální pevnosti

Receptura	Síla při deformaci 3,5 mm [kN]	Reziduální pevnost [MPa]	Průměrná reziduální pevnost [MPa]
A1	11,54	2,1	2,3
	11,41	2,0	
	15,75	2,8	
A2	24,94	4,4	4,2
	23,34	4,1	
	23,33	4,1	
A3	11,69	2,1	2,7
	19,25	3,4	
	14,97	2,7	
A4	29,80	5,3	4,3
	19,98	3,6	
	22,60	4,0	
B1	20,75	3,7	3,0
	14,38	2,6	
	15,72	2,8	
B2	30,30	5,4	5,2
	31,45	5,6	
	25,40	4,5	
B3	16,50	2,9	2,8
	16,87	3,0	
	14,30	2,5	
B4	31,36	5,6	5,2
	37,9	6,7	
	19,20	3,4	
C1	16,37	2,9	3,3
	21,74	3,9	
	17,92	3,2	

Příloha 7: Prohlášení o vlastnotech kameniva Bieňkowitz 0/4.

Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o. Zkušební laboratoř č. 1046 akreditovaná ČIA Protokol o zkouškách č.: 2506.1/16
Husova 876, 508 01 Hořice podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Strana 19 / 31

PŘEHLED VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK KAMENIVA KONTROLNÍ ZKOUŠKY ROČNÍ HRUBÉ TĚŽENÉ KAMENIVO

Frakce (d/D) 4/8 B2

Zakázka č. : 2506.1/16 Místo odběru : Skládky Vzorok číslo : 6612/16
Provozovna : BIEŇKOWICE Datum odběru : 22.8.2016
Hornina : Štěrkořísek Odběr provedl za ZL : Ing. M. Hörbe ml. Zástupce klienta : P. Radeckí

Zrnitost kameniva	Zkušební metoda	Jednotky	Hodnota propadu	Poznámka
Propad síťovými otvory (mm)				
2D 16		% hm.	100,0	
1,4D 11,2		% hm.	100,0	
D 8		% hm.	90,8	
D/1,4 5,6	ČSN EN 933-1	% hm.	43,7	
d 4		% hm.	9,1	
d/2 2		% hm.	1,5	

Vlastnost	Zkušební metoda	Jednotky	Hodnota	Poznámka
Obsah jemných částic f	ČSN EN 933-1	% hm.	0,4	
Tvarový index S_I	ČSN EN 933-4	% hm.	8,5	
Podíl zrn - drčených a lámaných C_c	ČSN EN 933-5	% hm.	24	
- ostrohranných C_{10}	ČSN EN 933-5	% hm.	9	
- zaoblených C_f	ČSN EN 933-5	% hm.	76	
- oblých C_v	ČSN EN 933-5	% hm.	58	
Odolnost proti drčení $LA^{1)}$	ČSN EN 1097-2, kap. 5	-	28,2	
Chladitelnost $PSV^{2)}$	ČSN EN 1097-8	-	50	
Nasákavost WA_{24}	ČSN EN 1097-6	% hm.	1,0	
Zkouška síranem hořčnatým $MS^{1)}$	ČSN EN 1367-2	% hm.	2	
Odolnost proti zmrazování a rozmrazování $F^{1)}$	ČSN EN 1367-1	% hm.	0,4	
Obsah chloridových solí	ČSN EN 1744-1+A1, kap. 8	% hm.	< 0,001	
Obsah síranů rozpustných v kyselině AS	ČSN EN 1744-1+A1, kap. 12	% hm.	0,012	
Obsah celkové síry S	ČSN EN 1744-1+A1, kap. 11	% hm.	0,077	
Obsah vodou rozpustných síranů SS	ČSN EN 1744-1+A1, kap. 10	% hm.	0,005	
Lehké znečišťující částice m_{LFC}	ČSN EN 1744-1+A1, kap. 14.2	% hm.	0,0	
Objemová hmotnost ρ_{sd}	ČSN EN 1097-6	Mg/m ³	2,547	
Sypná hmotnost volně sypaného kameniva	ČSN EN 1097-3	Mg/m ³	1,490	
Sypná hmotnost setřeseného kameniva	ČSN EN 1097-3, příl. D	Mg/m ³	1,666	
Mezerovitost volně sypaná	ČSN EN 1097-3	%	41,5	
Mezerovitost setřesená	ČSN EN 1097-3, příl. D	%	34,6	

¹⁾ Zkouška byla provedena na vytříděném podílu 10/14.

²⁾ Zkouška byla provedena na vytříděném podílu 8/11.



Příloha 8: Prohlášení o vlastnostech kameniva Tovačov 4/8

Prohlášení o vlastnostech č.: To4/17

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011



- Identifikační kód výrobku : **Tovačov 4/8**
Přírodní kamenivo TK
- Zamýšlené použití nebo zamýšlená použití stavebního výrobku:
Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- Výrobce: **Českomoravský štěrk a.s., Mokrá 359, 664 04 Mokrá; IČ: 25502247, tel.: ++420544122111**
- Jméno a kontaktní adresa způsobilého zástupce: -
- Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností: Systém 2+
- Harmonizovaná norma: EN 12620:2002+A1:2008 Kamenivo do betonu, EN 12620:2002+A1:2007 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
Oznámený subjekt: Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o., oznámený subjekt č. 1392
- Deklarované vlastnosti:

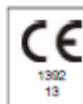
Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle)		Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	EN 12622	
Tvar, zrn, frakce a objemová hmotnost			
- Frakce kameniva	4/8		
- Zrnitost	G ₀ 85/20	G ₀ 85-15	
- Tolerance pro zrnitost HK	G ₀ 15	G ₀ 25/15	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	SI ₀	SI ₀	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	
- Procentní podíl drobných a lámavých zrn v HK	-	NPD	
- Objemová hmotnost	2,63 Mg/m ³	2,63 Mg/m ³	
Čistota			
- Obsah ochrácen živočichů v HK	NPD	-	
- Obsah jemných částic	f _{1,1}	f ₀	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem s asfaltovým pojivem			
- Průměrný stupeň obalení - asfalt 50/70, 70/100	-	-	
Odolnost proti drobení			
- Odolnost proti drobení metodou LA	LA ₁₀	LA ₁₀	
- Odolnost proti drobení rázem	NPD	NPD	
Odolnost proti otěru/ochladitelnosti/obrusu			
- Odolnost proti otěru HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	
- Odolnost proti ochladitelnosti	NPD	-	
- Odolnost proti povrchovému obrusu	NPD	-	EN 12620 platí odkaz na: EN 12620:2002+A1:2008
- Odolnost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	-	
- Odolnost vůči tepelným šokům	-	-	
Slušky/obsah			
- Slušky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	NPD	
- Chloridy	≤ 0,001 % hm.	-	EN 12622 platí odkaz na: EN 12622:2002+A1:2007
- Slušky rozpustné v kyselině	AS _{0,2}	AS _{0,2}	
- Celková síla	Vyhovuje S1	S ₁	
- Obsah vodou rozpustných slánu v recykl. kamenivu	NPD	NPD	
- Potenciální přitomnost humusu	NPD	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	
Objemová stálost			
- Objemová stálost-emitování vysycháním	NPD	-	
- Rozpad křemičitanu vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	
Nasákavost			
- Nasákavost	WA _{0,5} ≤ 1,5	WA _{0,5} 2	
Nebezpečné látky			
- Emise radioaktivity	Ra 226 ≤ 25 Bq/kg; index ≤ 1,0	-	
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatických uhlovodíků	NPD	NPD	
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování			
- Odolnost proti zmrazování a rozmrazování	F ₁	F ₂	
- Zkouška stranem horečnatým	MS _{0,8}	MS _{0,8}	
- Odolnost proti rozpádivosti železa	-	NPD	
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemičité reakci			
- Odolnost proti alkalicko-křemičité reakci (ČSN 721175)	rozpádivost ≤ 0,07 %	-	
Použitá surovina - petrografický název	štrkoplasek		
Poznámka: Pokud se základní charakteristika nebo vlastnost nevztahuje k harmonizované technické specifikaci, říká se v příslušném sloupci prokázat a obarven šedě.			

- Vlastnosti výše uvedeného výrobku jsou ve shodě se souborem deklarovaných vlastností. Toto prohlášení o vlastnostech se v souladu s nařízením (EU) č. 305/2011 vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného výše.

Příloha 9: Prohlášení o vlastnostech kameniva Tovačov 4/8

Prohlášení o vlastnostech č.: Hr4/13

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011



- Identifikační kód výrobku : **Hrabůvka** **8/16**
- Typové označení : **Přírodní kamenivo DK**
- Zamýšlené použití nebo zamýšlená použití stavebního výrobku:
Kamenivo pro přípravu betonu pro pozemní stavby, pozemní komunikace a jiné inženýrské stavby
Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch
Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace
- Výrobce: **Českomoravský štěrk a.s., Mokrá 359, 664 04 Mokrá; IČ: 25502247, tel.: ++420544122111**
- Jméno a kontaktní adresa zmocněného zástupce: -
- Systém posuzování a ověřování stálosti vlastností: **Systém 2+**
- Oznámený subjekt: **Zkušebna kamene a kameniva, s.r.o., oznámený subjekt č. 1392**
provedl požádané inspekce ve výrobním závodě a řízení výroby, provádí průběžný dozor, posuzování a hodnocení řízení výroby, a vydal
Osvědčení o shodě řízení výroby (Certifikát SRV) č.: 1392-CPD-238 ze dne 1.8.2007.
- Evropské technické posouzení: **nebylo vydáno**
- Deklarované vlastnosti:

Základní charakteristiky	Vlastnosti (vztahující se na použití podle)			Harmonizované technické specifikace
	EN 12620	EN 12620	EN 12620	
Tvar zrn, frakce a objemová hmotnost				
- Frakce kameniva	8/16			
- Zrnitost	G _{85/20}	G _{90/15}	G ₈₅₋₁₅	
- Tolerance pro zrnitost HK	G ₁₅	G _{90/15}	G _{75-25/15}	
- Tvar zrn hrubého kameniva – tvarový index	S ₁₀₀	S ₁₀₀	S ₁₀₀	
- Tvar zrn hrubého kameniva – index plochosti	NPD	NPD	NPD	
- Procentní podíl dročinek a lámáních zrn v HK	-	C ₁₀₀	C ₁₀₀	
- Objemová hmotnost	2,85 Mg/m ³	2,85 Mg/m ³	2,85 Mg/m ³	
Čistota				
- Obsah sacharů živočišných v HK	NPD	-	-	
- Obsah jemných částic	f _{0,075}	f _{0,075}	f _{0,075}	
- Kvalita jemných částic	-	NPD	NPD	
Afinita mezi hr. kamenivem s asfaltovým pojivem				
- Průměrný stupeň obalení - asfalt 50/70, 70/100	-	NPD	-	
Odpornost proti drocení				
- Odpornost proti drocení metodou LA	LA ₁₀₀	LA ₁₀₀	LA ₁₀₀	
- Odpornost proti drocení nárazem	NPD	NPD	NPD	
Odpornost proti otírání/ochlazení/obrusu				
- Odpornost proti otírání HK (mikro-Deval)	NPD	NPD	NPD	
- Odpornost proti ochlazení	PSV ₁₀₀	PSV ₁₀₀	-	
- Odpornost proti povrchovému obrusu	NPD	NPD	-	
- Odpornost proti obrusu pneumatikami s hroty	NPD	NPD	-	
Odpornost vůči tepelným šokům	-	NPD	-	
Sloučky/obsah				
- Sloučky hrubého recyklovaného kameniva	NPD	-	NPD	
- Chloridy	≤ 0,001 % hm.	-	-	
- Silany rozpustné v kyselině	AS _{0,2}	-	AS _{0,2}	
- Celková síra	Vyhovuje S1	-	S1	
- Obsah vodou rozpustných silanů v recykl. kamenivu	NPD	-	NPD	
- Potenciální přitomnost humusu	NPD	-	NPD	
- Obsah lehkých znečišťujících částic	≤ 0,05 % hm.	NPD	-	
- Obsah oxidu uhličitého v drobném kamenivu	NPD	-	-	
Objemová stálost				
- Objemová stálost-křemíťování vysycháním	NPD	-	-	
- Rozpad křemíťování vápenatého ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Rozpad železa ve VCHVS	NPD	NPD	NPD	
- Objemová stálost kameniva z ocelářské strusky	-	NPD	NPD	
Nasákavost	WA ₂₄ ≤ 1,5	-	WA ₂₄ 2	
Nebezpečné látky				
- Emise radioaktivity	Ra 226 ≤ 100 Bq/kg; Index ≤ 1,0			
- Uvolňování těžkých kovů a polyaromatických uhlovodíků	NPD	-	NPD	
- Uvolňování jiných nebezpečných látek	NPD	NPD	NPD	
Trvanlivost proti zmrazování a rozmrazování				
- Odpornost proti zmrazování a rozmrazování	F ₁	F ₁	F ₁	
- Zkouška stranem hořčnatým	MS ₁₀	MS ₁₀	MS ₁₀	
Odpornost proti rozpadavosti čediče	-	NPD	NPD	
- Ztráta hmotnosti po vaření	-	NPD	NPD	
Trvanlivost proti alkalicko-křemíťové reakci				
- Odpornost proti alkalicko-křemíťové reakci (ČSN 721179)	rozpínatost ≤ 0,07 %	-	-	
Použitá surovina - petrografický název	droba			

10. Vlastnost výrobku uvedeného v bodě 1 a 2 je ve shodě s vlastností uvedenou v bodě 9.

Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4. Podepsáno za výrobce a jeho jménem:

V Mokrě, dne 1.7.2013

Ing. Robert Zelniček
Provozní ředitel

ČESKOMORAVSKÝ ŠTĚRK, a.s.
Mokrá 359, 664 04 Mokrá
IČ: 25502247, DIČ: CZ25502247
-35-

CEM I 42,5 R

Portlandský cement

EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
září 2017



Charakteristické vlastnosti:

- rychlý nárůst pevnosti
- vysoká počáteční pevnost
- vysoká konečná pevnost
- rychlý vývin hydratačního tepla
- vyšší celkové hydratační teplo

Kvalita, bezpečnost, ekologie:

Kvalita výrobků, respekt k životnímu prostředí, důraz na bezpečnost zaměstnanců a hospodárné využívání energetických zdrojů patří k našim hlavním prioritám. Plnění požadavků příslušných systémů managementu je potvrzeno vydanými certifikáty:

- Management kvality ČSN EN ISO 9001
- Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ČSN OHSAS 18001
- Environmentální management ČSN EN ISO 14001
- Management hospodaření s energií ČSN EN ISO 50001



Způsob dodání:

- volně ložený v autocisternách nebo železničních vagonch Raj
- balený v papírových pytlích 25 kg s polyetylenovou vložkou, na vratných paletách o celkové hmotnosti 1,4 t

Obsah složek		
Hlavní složka	Portlandský slínek	95–100 %
Doplňující složka		0–5 %

Druh, množství a kvalita hlavních i doplňujících složek se odvíjí od požadavků technické normy EN 197-1. Mezi složky nepatří stran vápenatý, který se přidává jako regulátor tuhnutí, ani případné přísady usnadňující výrobu nebo upravující vlastnosti cementu.

CEM I 42,5 R

Portlandský cement

EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
září 2017

Fyzikální a mechanické vlastnosti				Chemické vlastnosti			
Parametr		Průměrná hodnota	Metoda / poznámka	Parametr		Průměrná hodnota	Metoda / poznámka
Pevnost v tlaku [MPa]	1 den	14	EN 196-1	Obsah [%]	CaO	64,2	EN 196-2
	2 dny	29	EN 196-1		SiO ₂	19,5	EN 196-2
	7 dní	53	EN 196-1		Al ₂ O ₃	4,7	EN 196-2
	28 dní	61	EN 196-1		Fe ₂ O ₃	3,2	EN 196-2
	56 dní	66	EN 196-1		MgO	1,3	EN 196-2
	90 dní	67	EN 196-1		SO ₃	3,2	EN 196-2
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	1 den	4	EN 196-1		Cl ⁻	0,047	EN 196-2
	2 dny	6	EN 196-1		K ₂ O	0,78	EN 196-2
	7 dní	8	EN 196-1		Na ₂ O	0,09	EN 196-2
	28 dní	9	EN 196-1		Na ₂ O ekvivalent [%]	0,6	EN 196-2
	56 dní	9	EN 196-1		Nerozpustný zbytek [%]	0,8	EN 196-2
	90 dní	9	EN 196-1		Ztráta žháním [%]	3,2	EN 196-2
Normální konzistence [%]		27,8	EN 196-3	V případě, že cement obsahuje (ve smyslu Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 přílohy XVII, čl. 47) redukční činidlo, které po smíchání s vodou snižuje obsah Cr ⁶⁺ v cementu pod hodnotu 0,0002 %, je toto činidlo účinné nejméně po dobu skladování cementu, po kterou musí být cement chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %). Doba skladování cementu je 90 dnů od data uvedeného na obalu (balený cement) nebo od data expedice (volně ložený cement).			
Počátek tuhnutí [min]		219	EN 196-3				
Konec tuhnutí [min]		286	EN 196-3				
Objemová stálost [mm]		0,8	EN 196-3, Le Chatelier				
Měrný povrch [m ² kg ⁻¹]		374	EN 196-6, Blaine				
Měrná hmotnost [kgm ⁻³]		3110	EN 196-6				
Sypná hmotnost [kgm ⁻³] - v autocisterně		980	Přibližná hodnota při uložení cementu do cisterny.				
Sypná hmotnost [kgm ⁻³] - v síle		1200–1600	Odhad při uskladnění v síle. Mění se v závislosti na míře setřesení cementu, době uskladnění nebo velikosti a zaplnění síla.				
Hydratační teplo [Jg ⁻¹]	7 dní	310	EN 196-8				

Použití cementu dle stupňů vlivu prostředí podle ČSN P 73 2404																	
Bez rizika	Koroze způsobená karbonatací				Působení chloridů (ne z mořské vody)			Střídavé působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí			Obrus		
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ^{a)}	✓ ^{a)}	✓	✓	✓

a) Při chemické síranové agresivitě se stupněm vlivu prostředí vyšším než XA1 - koncentrace síranových iontů SO₄²⁻ vyšší než 600 mg/litr v podzemní vodě nebo 3000 mg/kg (v případě kapilárního sání 2000 mg/kg) v rostlé zemině - se musí použít síranovzdorný cement SR. Při obsahu SO₄²⁻ - do 1500 mg/litr je možné použít CEM I s dostatečnou dávkou pucolanové příměsi (například alespoň 20 % popílku).



We create chemistry

MasterGlenium 803 PAV

Superplastifikační přísada nové generace do podlahových betonů, vyvinutá pro zlepšení reologie směsí. Doporučuje se pro betonáže v zimních podmínkách.

POPIS VÝROBKU

- MasterGlenium 803 PAV je superplastifikační přísada nové generace, vyvinutá speciálně pro realizaci betonových podlah, která díky chemickému působení nových, speciálně navržených disperzních polymerů zlepšuje a optimalizuje reologii směsí, které se stávají méně viskózními i v betonech s nízkým vodním součinitelem.
- Mechanismus působení MasterGlenium 803 PAV spočívá v kombinaci několika jevů: síla elektrostatická a sterická disperzní schopnost nových polymerů a uspokojení hydratační reakce se zkrácením času tuhnutí.
- MasterGlenium 803 PAV se doporučuje pro zlepšení betonových směsí, u kterých se vyskytují problémy spojené s kvalitou a dostupností jemných písků, kde zlepšuje reologii směsí a snižuje jejich viskozitu.
- MasterGlenium 803 PAV se doporučuje pro betonáže v zimních podmínkách.

VÝHODY

- MasterGlenium 803 PAV odpovídá na požadavky trhu v oblasti podlahových betonů, přičemž uspokojuje potřeby jak výrobců hotových betonových směsí, tak podlahářů.
- Speciální mechanismus působení MasterGlenium 803 PAV umožňuje přípravu betonů, které mají následující technické a ekonomické výhody:
 - Snižování vodního součinitele a viskozity betonu.
 - Zvýšená zpracovatelnost.
 - Zvýšení homogenity směsí.
 - Zkrácení zpracování betonu.
 - Usnadnění konečných úprav podlahy.

VÝHODY PRO VÝROBCE HOTOVÝCH SMĚSÍ:

- Umožňuje výrazné snížení vodního součinitele, čímž se zvyšuje kvalita a trvanlivost betonu.
- Umožňuje zachování tekutosti směsí po celou dobu potřebnou pro přepravu a pokládku.
- Umožňuje výrazné zvýšení počáteční hydratace cementu, která vede k dosažení vyšší pevnosti v kratším čase.
- Umožňuje pracovat s konzistencí betonu S5 bez nebezpečí segregace směsí.
- Umožňuje odstranit rizika vycházející z přílišného krvácení betonu (bleeding).

VÝHODY PRO PODLAHÁŘE:

- Díky snadné zpracovatelnosti a menší viskozitě připravených směsí umožňuje rychlejší pokládku a tvrdnutí betonu.
- Umožňuje výrazné zkrácení časů pro konečné úpravy a zpracování podlah.
- Umožňuje zabránit rychlému povrchovému schnutí betonu, které způsobuje prohýbání (curling).
- Umožňuje vyrobit beton, který dobře zraje a snadno se hladí.
- Umožňuje realizovat podlahy, které skutečně odpovídají očekáváním konečných uživatelů.
- Umožňuje provádění prací za dodržení vyšších standardů bezpečnosti práce (snížení přesčasů, emise hluku).
- Umožňuje zlepšení povrchových vlastností podlah.

Hotová betonová směs s přísadou MasterGlenium 803 PAV umožňuje kompletní zpracování podlahy ještě v den pokládky, s velkými technickými, ekonomickými a logistickými výhodami.

MODULÁRNÍ VLASTNOSTI MODULÁRNÍ PODLAHOVÝ SYSTÉM

MasterGlenium 803 PAV je základní složkou Modulárního podlahového systému. Tento systém umožňuje úspěšně čelit všem problémům, které se mohou objevit při realizaci průmyslových podlah, a to pomocí nejvhodnější kombinace různých přísad a dalších produktů (vlákna, postřik atd.), určených pro řešení konkrétního problému.

Modulární podlahový systém je účinným prostředkem pro firmy zabývající se pokládkou betonu i pro výrobce hotových betonových směsí, pomocí něhož lze dosáhnout vlastností podlahy odpovídajících očekáváním konečného uživatele.

DOPORUČENÉ POUŽITÍ

MasterGlenium 803 PAV je přísada připravená k použití, která se přidává do míchačky poté, co ostatní složky betonu jsou již nadávkované a zamíchané.



We create chemistry

MasterGlenium 803 PAV

Superplastifikační přísada nové generace do podlahových betonů, vyvinutá pro zlepšení reologie směsí. Doporučuje se pro betonáže v zimních podmínkách.

- Přidání přísady do suchého kameniva nebo cementu se nedoporučuje, protože snižuje plastifikační účinek nebo redukcí vody.
- Pro dosažení maximálního plastifikačního účinku je vhodné přísadu přidávat do zavlhlého betonu (konzistence S1) po přidání 80–90% záměsové vody a dobrém promíchání směsí.
- Pokud má být použit beton s nízkou konzistencí (S1 nebo S2), maximálního účinku redukce vody se dosahuje po důkladném promíchání pevných složek a 80–90% záměsové vody.

V závislosti na různých potřebách doporučujeme použití MasterGlenium 803 PAV v kombinaci s:

- polypropylenovými mikrovlákný MasterFiber 012 pro výrazné snížení výskytu trhlin způsobených plastickým smršťováním.
- strukturálními makrovlákný MasterFiber 240 pro realizaci vlákný vyztužených betonových podlah.
- provzdušňovací přísadou řady MasterAir pro získání betonů odolných proti agresivnímu působení mrazu a solí.
- mikrosilikou řady MasterLife MS pro další zlepšení trvanlivosti ve zvláště agresivních prostředích a v případě směsí obsahujících potenciálně reaktivní kamenivo na AKR.
- práškovou expanzní přísadou MasterLife SRA 150 pro získání podlahového betonu s kompenzovaným smršťováním a snížením objemových změn.

KOMPATIBILITA

MasterGlenium 803 PAV není kompatibilní s přísadami řady MasterRheobuild.

TECHNICKÉ ÚDAJE

skupenství	kapalina
barva	hnědá
obj. hmotnost (při +20 °C)	1,035 ± 0,02 g/cm ³
hodnota pH (při +20 °C)	8,5 ± 1,0 po výrobě
obsah chloridů max.	0,1 % hm.

DÁVKOVÁNÍ

Optimální dávkování MasterGlenium 803 PAV závisí na vnější teplotě. Při teplotách vyšších než 20–25 °C je optimální dávkování 0,8–1,4 litrů na 100 kg pojiva. Jiná dávkování jsou možná v závislosti na konkrétních pracovních podmínkách a v každém případě po konzultaci s technickým poradcem společnosti BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.

BALENÍ

- kontejner 1000 kg
- sud 200 kg

SKLADOVÁNÍ

Při obvyklém skladování (uzavřená nádoba, +20 °C) je výrobek použitelný minimálně po dobu 1 roku. Doporučujeme výrobek uchovávat při teplotě nad +5 °C. V případě zmrazení výrobek zahřejte alespoň na 30 °C a znovu promíchejte.

BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Dbejte důsledně pokynů uvedených v bezpečnostním listě.

TECHNICKÁ PODPORA

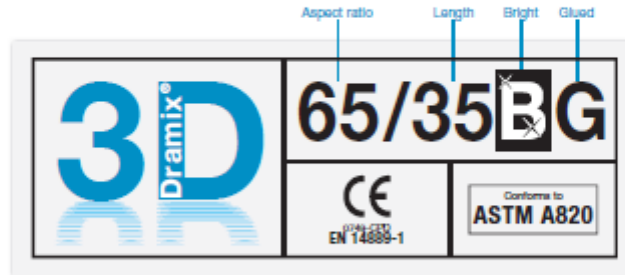
Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.

Dramix®

BEKAERT

better together

Data Sheet



DRAMIX® 3D



Dramix® 3D is the reference in steel fibre reinforcement. Combining high performance, durability and ease-of-use, 3D provides you with a time-saving and cost-efficient solution for most common applications.

- > original anchorage
- > standard tensile strength

Dramix® 3D is a cost efficient solution for

- > flooring
- > tunnel applications
- > precast
- > residential applications

Bekaert supplies all of the support you need for your project. We help you determine the most suitable fibre types, calculate optimal dosages, select the right concrete quality. Contact your local support.

Go to www.bekaert.com/dosingdramix for our recommendations on handling, dosing and mixing.

Modifications reserved.
All details describe our products in general form only.
For detailed information, product specifications available on request.

PERFORMANCE

Material properties

Tensile strength: $R_{m, \text{min}}$: 1.345 N/mm²
Tolerances: $\pm 7,5\%$ Avg
Young's Modulus: ± 210.000 N/mm²

Geometry

Fibre family	3D	
Length (l)	35 mm	
Diameter (d)	0,55 mm	
Aspect ratio (l/d)	65	

Fibre network

8,0 km per m² (for 15 kg/m²)
14.531 fibres/kg

Dramix® range

	5R	4R	3D
Tensile strength			
Wire ductility			
Anchorage strength			

PRODUCT CERTIFICATES



Dramix® is certified for structural use according to EN 14889-1 (system '1'). Detailed information is available on request.

SYSTEM CERTIFICATES



All Dramix® plants are ISO 9001 and ISO 14001 certified.

PACKAGING



STORAGE

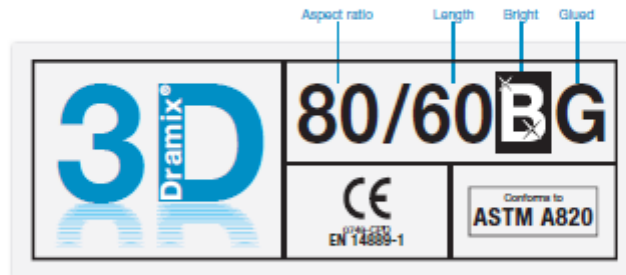


Dramix®

BEKAERT

better together

Data Sheet



DRAMIX® 3D



Dramix® 3D is the reference in steel fibre reinforcement. Combining high performance, durability and ease-of-use, 3D provides you with a time-saving and cost-efficient solution for most common applications.

- > original anchorage
- > standard tensile strength

Dramix® 3D is a cost efficient solution for

- > flooring
- > tunnel applications
- > precast
- > residential applications

Bekaert supplies all of the support you need for your project. We help you determine the most suitable fibre types, calculate optimal dosages, select the right concrete quality. Contact your local support.

Go to www.bekaert.com/dosingdramix for our recommendations on handling, dosing and mixing.

Modifications reserved.
All details describe our products in general form only.
For detailed information, product specifications available on request.

PERFORMANCE

Material properties

Tensile strength: $R_{m, \text{min}}: 1.225 \text{ N/mm}^2$
Tolerances: $\pm 7,5\% \text{ Avg}$
Young's Modulus: $\pm 210.000 \text{ N/mm}^2$

Geometry

Fibre family	3D	
Length (l)	60 mm	
Diameter (d)	0,75 mm	
Aspect ratio (l/d)	80	

Fibre network

2,9 km par m² (for 10 kg/m²)
4.584 fibres/kg
Minimum dosage:
10 kg par m² (according to CE)

Dramix® range

	5R	4R	3D
Tensile strength			
Wire ductility			
Anchorage strength			

PRODUCT CERTIFICATES



Dramix® is certified for structural use according to EN 14889-1 (system '1'). Detailed information is available on request.

SYSTEM CERTIFICATES



All Dramix® plants are ISO 9001 and ISO 14001 certified.

PACKAGING



BAGS 20 kg

BIG BAG 1100 kg

STORAGE



Anti-Crak[®] HD

TECHNICKÝ LIST

AR skleněná vlákna do betonu proti smršťovacím trhlinám

POPIS VÝROBKU

Anti-Crak[®] HD (High Dispersion) jsou sekaná alkalirezistentní skleněná vlákna Cem-FIL určená pro vmíchávání do betonu a všech typů malt s hydraulickým pojivem. Jsou to mikroválkna s velmi vysokou pevností v tahu a vysokým modulem pružnosti. Těmito vlastnostmi převyšují všechna jiná mikroválkna proti smršťovacím trhlinám na stavebním trhu.

Prameny vláken Anti-Crak[®] HD mají speciální povrchovou úpravu. Ta je rozplavitelná při kontaktu s vodou cementové směsi a prameny jsou také mechanicky rozvolnitelné při vmíchání. Individuální mikroválkna pak působí jako všesměrně orientovaná mikrovýztuž při smršťovacím trhlinám.

POUŽITÍ

Vlákna Anti-Crak[®] HD jsou používána k zabránění vzniku smršťovacích trhlin od napětí doprovázejících zrání betonu a malt včetně nerovnoměrného vysušování. Jsou účinná ve všech fázích tuhnutí, tvrdnutí i ve vyzrálé hmotě. Používají se do všech typů betonů, zvláště do podlah a potěrů v interiéru i exteriéru a rovněž i do jádrových omítek a reprofilačních malt.

Nenahraditelná jsou při betonáži v nepříznivých podmínkách, jako jsou vysoké teploty, oslunění, průvan apod.

Výztužná skleněná vlákna mají přibližně stejnou objemovou hmotnost jako beton a proto neklesají ve směsi ke dnu ani nevyplavávají k povrchu. Snadno se vmíchávají a již v malé váhové dávce dodávají do směsi velmi vysoký počet kusů rovnoměrně rozptýlených vysokopevnostních mikrovláken.

Anti-Crak[®] HD nevystupují z hlazeného povrchu, a nejsou na povrchu vidět. Anti-Crak[®] HD se může přidávat v kterékoli fázi míchání směsi.



VLASTNOSTI A PŘEDNOSTI VÝROBKU

• Alkalivzdorné prameny skleněných vláken s rozplavitelnou povrchovou úpravou	• Omezení a prevence vzniku trhlin během tuhnutí a tvrdnutí a i ve zralém betonu a maltách
• Snadno rozplavitelné prameny vláken na individuální vlákna (220 milionů ks vláken v 1 kg)	• Vysoká účinnost i při velmi nízkém dávkování 0,6 kg/m ³
• Díky vysokému modulu pružnosti vyztužují beton ve všech fázích zrání	• Při běžném dávkování si směs zachovává nezhoršenou zpracovatelnost

*Vlákna Cem-FIL Anti-Crak jsou vyráběna ze skloviny s vysokým obsahem zirkonia v souladu s ASTM C1666/C a EN 15422 a podle doporučení PCI a GRCA.

TECHNICKÉ PARAMETRY (NOMINÁLNÍ HODNOTY)

DÉLKA VLÁKNA	PRŮMĚR JENOTLIVÉHO VLÁKNA - FILAMENTU	ZTRÁTA ŽÍHÁNÍM (%) (ISO 1887 : 1995)	VLHKOST (%) ISO 3344 : 1977
12 (mm)	14 µm	0,60	0,5 max
<ul style="list-style-type: none"> Elektrická vodivost: velmi nízká Specifická hmotnost: 2.68 g/cm³ Materiál: alkalirezistentní sklo Bod měknutí: 860°C 		<ul style="list-style-type: none"> Chemická odolnost: velmi vysoká Modul pružnosti: 72 GPa Pevnost v tahu: 3500 MPa Dávkování: 0,6 kg/m³ příp. 1,2 kg /m³ do jemnozměných směsí 	

BALENÍ NA PALETÁCH

Sekané prameny vláken Anti-Crak® HD jsou baleny do papírových sáčků po 0,6 kg v kartónových krabicích po 25 ks. Krabice jsou uloženy na dřevěné paletě. Palety jsou ovínuty smršťovací folií a označeny dvěma štítky.

SKLADOVÁNÍ

Sekané prameny vláken Anti-Crak® HD by měly být skladovány v originálním obalu mimo horké a vlhké prostředí. Nejvhodnější podmínky skladování jsou:

Teplota: 15 °C – 35 °C

Vlhkost: 35 % – 65 %

Pokud je výrobek skladován při nižší teplotě, doporučuje se, aby se předešlo případné kondenzaci vody na výrobku, ponechat jej nejméně 24 hodin před použitím ve standardních podmínkách. Doporučuje se použít při skladování metodu FIFO (první dovnitř, první ven).

KVALITA

Sekané prameny vláken Anti-Crak® HD jsou vyráběny v souladu se systémem řízení kvality schváleným podle ISO 9001. Veškerá produkce vláken Cem-FIL® je vyráběna v souladu s European Technical Approval ETA-11/0410 vydaným v DIBt Deutsches Institut für Bautechnik.



Balení a dodávky skleněných alkalivzdorných vláken Cem-FIL Anti-Crak® HD

OZNAČENÍ - DÉLKA	BALENÍ	VÁHA KRABICE	VÁHA PALETY	DODÁVKY
Anti-Crak HD – 12 mm	papírové sáčky po 0,6 kg, kartónové krabice po 25 sáčků	krabice po 15 kg	720 kg (48 krabic)	palety, krabice